

**INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL PARA EL
SOSTENIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LAS PLANTAS DEL
DEPARTAMENTO DE PETROQUIMICA DE LA GERENCIA REFINERIA
BARRANCABERMEJA, ECOPETROL S.A., MEDIANTE EL DISEÑO DE UNA
ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO ROTATIVO CRÍTICO**

JHON FREDY CAMELO GONZÁLEZ

EDUIN ALBERTO RAMIREZ MAYORGA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2015

**INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL PARA EL
SOSTENIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LAS PLANTAS DEL
DEPARTAMENTO DE PETROQUIMICA DE LA GERENCIA REFINERIA
BARRANCABERMEJA, ECOPETROL S.A., MEDIANTE EL DISEÑO DE UNA
ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO ROTATIVO CRÍTICO**

JHON FREDY CAMELO GONZÁLEZ

EDUIN ALBERTO RAMIREZ MAYORGA

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero mecánico

Director

ISNARDO GONZÁLEZ JAIMES

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2015

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan profundos agradecimientos a:

Dios por guiarnos en cada uno de los pasos que damos en este camino, y porque hoy nos permite alcanzar uno de los logros más importantes en nuestras vidas.

A la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Mecánica por la oportunidad de formarnos como hombres de ciencia y de mejorar como seres humanos.

Al ingeniero Isnardo González Jaimes, por su orientación, por sus oportunos consejos y por la confianza brindada para con nuestro trabajo.

Al ingeniero Elber Fernando Ruiz Rueda, por su colaboración y seguimiento constante al desarrollo de este proyecto.

A todos aquellos amigos que han estado presentes en los buenos y malos momentos, ayudándonos a sortear los obstáculos que presenta el diario transcurrir de la vida, o simplemente complementando nuestra alegría con la suya en momentos como este.

A nuestros familiares, fuentes de infinita inspiración y cálida compañía, herramientas indispensables a la hora de alcanzar grandes metas.

DEDICATORIA

Esta meta que he alcanzado ha sido gracias a mis padres, que siempre confiaron en mí, siempre estuvieron presentes en el tiempo que más lo necesite, por su apoyo y amor incondicional, estoy seguro que sin ellos no hubiese podido terminar mis estudios y formarme como el ser humano que soy.

Con todo el cariño quiero exaltar a mi novia María Flórez, por su apoyo, amor brindado en cada momento y además ser mi fuente de inspiración; a mis hermanos Jairo Leonardo, Duvan Alexis y Luz Dary (Q.E.P.D), por los buenos momentos vividos y los demás que vendrán, juntos seremos el orgullo de nuestros padres.

EDUIN ALBERTO RAMIREZ MAYORGA.

DEDICATORIA

Esta es la culminación de uno de los retos que he trazado en mi vida, enfocado al mejoramiento de mi futuro, pero nada hubiese sido posible sin el constante apoyo moral, psicológico y económico de mis padres y hermanos, quienes con una voz de aliento y excelentes consejos me permitieron abrirme paso en esta carrera que aún no termina, pero que gracias a ellos inicie y puedo seguir llevando a cabo.

Dedico la culminación de este reto primeramente a Dios pues sin él nada es posible, a mis padres y hermanos quienes fueron mi apoyo en todo momento, destaco a mi querida madre quien a modo de una mejor amiga me acompañó siempre con su afecto y sus consejos, y mi padre quien con su esfuerzo busco que nunca me hiciera falta nada.

Finalmente a mi novia Karen Melissa quien además de ser parte activa en este proyecto me brindó su cariño, afecto, apoyo y amor siendo una voz de aliento que me ayudo a proseguir y a nunca rendirme

JHON FREDY CAMELO GONZÁLEZ.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. OBJETIVOS	25
1.1 OBJETIVO GENERAL	25
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
2. JUSTIFICACIÓN	27
3. METODOLOGÍA.....	29
4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	33
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	33
4.2 INFRAESTRUCTURA	33
4.3 PLAN ESTRATÉGICO DE ECOPETROL S.A.	35
4.3.1 Misión.....	35
4.3.2 Visión al 2020.....	36
4.4 ÁREAS DE TRABAJO ECOPETROL S.A.	36
4.4.1 Vicepresidencia de exploración.....	37
4.4.2 Vicepresidencia de desarrollo y producción	37
4.4.3 Vicepresidencia downstream	38
4.4.4 Vicepresidencia de transporte y logística.....	38
4.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	39
4.6 DEPARTAMENTO DE PETROQUÍMICA DE LA GRB ECOPETROL S.A.....	40
4.6.1 Plantas De Aromáticos	41
4.6.2 Plantas De Polietileno	42
5. MARCO TEÓRICO.....	43

5.1 DEFINICION	43
5.2 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO	44
5.2.1 La primera generación.....	45
5.2.2 La segunda generación.....	45
5.2.3 La tercera generación.....	46
5.2.4 La cuarta generación.....	48
5.2.5 Nueva Investigación.	49
5.2.6 Nuevas Técnicas.....	51
5.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	51
5.3.1 Mantenimiento Accidental.....	51
5.3.2 Mantenimiento Progresivo	52
5.3.3 Mantenimiento Preventivo Sistemático	52
5.3.4 Mantenimiento Preventivo	53
5.3.5 Mantenimiento Predictivo	53
5.3.6 Mantenimiento Productivo	54
5.3.7 Mantenimiento Proactivo	54
5.4 DEFINICIÓN DE RCM	55
5.5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA RCM.....	56
5.5.1 ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?	56
5.5.2 ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?.....	59
5.5.3 ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?	61
5.5.4 ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?	63
5.5.5 ¿En qué sentido es importante cada falla?	65

5.5.6 ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?	65
5.5.7 ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?	66
5.6 INDICADORES DE MANTENIMIENTO.....	67
5.6.1 MTBF.....	67
5.6.2 MTTR.....	68
5.6.3 Confiabilidad y Disponibilidad.....	68
5.6.4 Mantenibilidad.....	69
5.7 DISPONIBILIDAD.....	71
6. POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO EN ECOPETROL S.A	73
6.1 PRÁCTICA FUNDAMENTAL DE GESTIÓN DE RIESGO – LA MATRIZ DE EVALUACIÓN DEL RIESGO (RAM).....	74
6.2 GESTIÓN DE INICIATIVAS- COEFICIENTE DE VALLA	75
6.3 GESTIÓN DE OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	76
6.3.1 Mantenimiento mayor (Paradas de planta)	77
6.3.2 Mantenimiento rutinario.....	78
6.4 OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS ACTIVOS	81
6.4.1 Análisis de la condición del activo	81
6.4.2 Eliminación de defectos	84
6.4.3 División del mantenimiento por especialidades.....	85
7. EL INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL	86
7.1 CÁLCULO DE INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL	86
7.2 EL INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE PETROQUÍMICA CALCULADO PARA LOS ÚLTIMOS 8 AÑOS.	88

7.3 ESTIMACIÓN DEL INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL SIN FALLA DEL EQUIPO ROTATIVO.....	94
8 IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS	97
8.1 NOMENCLATURA DE IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS ECOPETROL S.A (TAG'S)	97
8.1.1 Nomenclatura de identificación de plantas.....	97
8.1.2 Nomenclatura para la identificación de equipos rotativos	98
8.2 TIPOS DE EQUIPOS ROTATIVOS DEL DEPARTAMENTO DE PETROQUIMICA DE LA GRB ECOPETROL S.A.	99
8.2.1 Bombas centrifugas.....	99
8.2.2 Bombas de desplazamiento positivo.....	100
8.2.3 Compresores reciprocantes.....	101
8.2.4 Compresores centrífugos.....	102
8.2.5 Compresores de lóbulos	104
8.2.6 Equipos especiales.	104
8.2.7 Equipos auxiliares.....	105
8.3 SELECCIÓN DE EQUIPOS CRITICOS SIGUIENDO LA METODOLOGÍA ASP (ADMINISTRACIÓN DE LAS SEGURIDAD DE LOS PROCESOS).....	106
8.3.1 Metodología ASP	106
8.3.2 Ejemplo proceso de selección de un equipo crítico para ASP	111
8.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS CRITICOS SIGUIENDO LA METODOLOGÍA RPN (RISK PRIORITY NUMBER: NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO).....	118
8.4.1 Metodología RPN.....	118
8.4.2 Ejemplo proceso de selección de un equipo crítico por RPN.....	119

8.5 SELECCIÓN DE EQUIPOS QUE MAS IMPACTO HAN GENERADO A LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE PETROQUÍMICA GRB ECOPETROL S.A.....	122
8.6 EQUIPOS CRÍTICOS PILOTO SELECCIONADOS PARA EL ENFOQUE DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	131
8.6.1 Polietileno I	132
8.6.2 Polietileno II	133
8.6.3 Aromáticos.....	133
9 ANÁLISIS DE RCA'S EQUIPOS PILOTO	134
9.1 METODOLOGÍA ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ (RCA).....	134
9.1.1 Captura del incidente	135
9.1.2 Análisis del problema	135
9.1.3 Análisis de la causa raíz	135
9.1.4 Desarrollo de soluciones.....	137
9.2 ANÁLISIS Y EXTRACCIÓN DE CAUSAS RAÍCES Y SOLUCIONES RCA SC1301 (AROMÁTICOS)	138
9.3 ANÁLISIS Y EXTRACCIÓN DE CAUSAS RAÍCES Y SOLUCIONES RCA SR2201 (POLIETILENO I).....	140
9.4 ANÁLISIS Y EXTRACCIÓN DE CAUSAS RAÍCES Y SOLUCIONES RCA SC2253 (POLIETILENO II).....	145
9.5 RESUMEN INFORMACIÓN EXTRAÍDA RCA'S EQUIPOS PILOTO, REVISIÓN DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES Y RECOMENDACIONES.	149
10 PLANTEAMIENTO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	152
10.1 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA COMPRESOR CENTRÍFUGO DE HIDRÓGENO SC1301 (AROMÁTICOS)	154

10.2	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO REACTOR DE POLIMERIZACIÓN TIPO AUTOCLAVE PARA POLIETILENO SR2201 (POLIETILENO I)	160
10.3	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EL COMPRESOR RECIPROCANTE DE ETILENO ETAPA SECUNDARIA DE COMPRESIÓN SC2253 (POLIETILENO II).....	163
11	GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EQUIPOS PILOTO	171
11.1	FORMATO DE ACTUALIZACIÓN DE CATÁLOGOS E INVENTARIOS (FACI) 171	
11.1.1	FACI reactor SR2201.....	174
11.1.2	FACI compresor SC2253.....	181
11.1.3	FACI compresor SC1301.....	191
11.2	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO ESTANDARIZADOS.....	201
11.2.1	Procedimientos desarmado y armado compresor SC2201/02	201
11.2.2	Procedimiento desarmado y armado compresores SC2203-SC2204	205
12	CONCLUSIONES.....	210
	BIBLIOGRAFÍA	213
	ANEXOS.....	216

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Grupo empresarial ECOPETROL S.A.	35
Figura 2. Marco estratégico grupo empresarial ECOPETROL S.A. 2012-2020.....	36
Figura 3. Zonas de explotación petrolera ECOPETROL S.A.....	37
Figura 4. Organigrama ECOPETROL S.A.	39
Figura 5. Departamento de petroquímica	40
Figura 6. Concepción actual del mantenimiento.	44
Figura 7. Crecientes expectativas del mantenimiento.....	46
Figura 8. Cuatro generaciones del concepto de mantenimiento.....	49
Figura 9. Técnicas cambiantes de mantenimiento.....	50
Figura 10. Pantalla de información de RCM	61
Figura 11. Tiempos importantes, siglas y demás convecciones que se usan en la medición y predicción CMD.	71
Figura 12. Modelo de gestión de activos de ECOPETROL S.A.....	73
Figura 13. Matriz RAM	74
Figura 14. Tasa de valla o Factor J.....	76
Figura 15. Gestión de operación del mantenimiento.....	76
Figura 16. Proceso de gestión de paradas de planta.....	78
Figura 17. Estructura de los planes y programas de mantenimiento GRB	79
Figura 18. Optimización del desempeño de los activos	81
Figura 19. Metodologías para la definición de estrategias de confiabilidad	83
Figura 20. Descripción general de las etapas del proceso de eliminación de defectos (PED).....	84
Figura 21. Días de parada de planta de los últimos ocho años unidades del departamento de petroquímica por especialidad	89
Figura 22. Días de parada e indicador de disponibilidad operacional por periodos anuales y unidades	91
Figura 23. Indicador de disponibilidad operacional anual por unidad.	94

Figura 24. Bombas centrifugas unidad 1400 planta de aromáticos	100
Figura 25. Bombas iniciadoras planta de polietileno I.....	101
Figura 26. Compresor SC2204 Polietileno I.....	102
Figura 27. Circuito de compresión de hidrogeno U1300.....	103
Figura 28. Compresor SC1301	103
Figura 29. Compresor SC2254B.....	104
Figura 30. Extrusora SEX2251	105
Figura 31. Bomba de lubricación compresor SC2201/02.....	106
Figura 32. Diagrama de flujo metodología de selección de equipos críticos para ASP.....	107
Figura 33. Proceso de valoración de consecuencias (Matriz RAM).....	114
Figura 34. Diagrama de flujo clasificación de causas	136
Figura 35. Diagrama de flujo selección de causas raíces.....	137
Figura 36. Sistema de acople entre el patín auxiliar y el plunger del cilindro 2D compresor SC2253	147
Figura 37. Parámetros de reposición.....	173
Figura 38. Reactor de polietileno tipo autoclave SR2201	175
Figura 39. Compresor hyper de etileno SC2253.....	181
Figura 40. Compresor centrifugo SC1301	191
Figura 41. Compresor multietapa SC2201/02.....	202
Figura 42. Compresor hyper SC2203	206

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Impacto económico por la parada de un día de producción plantas del departamento de petroquímica GRB ECOPETROL S.A.....	27
Tabla 2. Principales Yacimientos petrolíferos descubiertos por ECOPETROL S.A.....	34
Tabla 3. Elementos claves del proceso de Mantenimiento Rutinario de ECOPETROL S.A.	80
Tabla 4. Factor de ponderación EDC (Estudio SOLOMON)	88
Tabla 5. Cálculo del indicador de disponibilidad operacional departamento de petroquímica GRB ECOPETROL S.A. para los últimos 8 años	89
Tabla 6. Cálculo del indicador operacional anual para cada unidad de las plantas del departamento de petroquímica GRB ECOPETROL S.A.	90
Tabla 7. Días de parada de planta anuales por especialidades	92
Tabla 8. Promedio días de falla para seguir tendencia en estimación de la disponibilidad operacional del departamento sin falla de equipo rotativo.	95
Tabla 9. Indicador de disponibilidad operacional del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A. estimado sin falla del equipo rotativo.....	96
Tabla 10. Propiedades del Hidrógeno para el cálculo de descarga	112
Tabla 11. Datos de proceso compresor SC1301	112
Tabla 12. Resultados arrojados por la herramienta de cálculo para la valoración de consecuencias	113
Tabla 13. Criterios selección criticidad por RPN	118
Tabla 14. EQUIPOS CRÍTICOS PARA ASP Y POR RPN DEL DEPARTAMENTO DE PETROQUÍMICA GRB ECOPETROL S.A.....	120
Tabla 15. Ratas de producción y precios productos del departamento de petroquímica GRB ECOPETROL S.A.....	123
Tabla 16. Análisis datos históricos de falla departamento de petroquímica GRB ECOPETROL S.A.	124

Tabla 17. Diagramas de Pareto	127
Tabla 18. Equipos críticos por afectación a la disponibilidad operacional	130
Tabla 19. Equipos críticos bajo las tres metodologías de selección	131
Tabla 20. Aspectos relevantes análisis RCA.	149
Tabla 21. Data sheet compresor SC1301.....	155
Tabla 22. Estrategia de mantenimiento compresor centrífugo SC1301.....	156
Tabla 23. Data sheet Reactor SR2201	160
Tabla 24. Estrategia de mantenimiento reactor tipo autoclave de polimerización para polietileno SR2201.....	161
Tabla 25. Data sheet compresor hyper SC2253.....	163
Tabla 26. Estrategia de mantenimiento compresor Hyper SC2253	164
Tabla 27. Procedimiento de desarmado compresor SC2201/02	202
Tabla 28. Procedimiento de armado compresor SC2201/02	204
Tabla 29. Procedimiento de desarmado de los compresores hyper SC-2203/SC-2204.....	206
Tabla 30. Procedimiento de armado de los compresores SC2203-SC2204.....	208

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Procedimientos estandarizados de mantenimiento

Anexo B. Planos referenciados en los FACI's.

Anexo C. Plano sistema de sellos secos compresor SC1301.

Anexo D. Formatos de actualización de catálogos e inventarios equipos pilotos.

RESUMEN

TÍTULO:

INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL PARA EL SOSTENIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LAS PLANTAS DEL DEPARTAMENTO DE PETROQUIMICA DE LA GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA, ECOPETROL S.A., MEDIANTE EL DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO ROTATIVO CRÍTICO*

AUTORES:

JHON FREDY CAMELO GONZÁLEZ.

EDUIN ALBERTO RAMÍREZ MAYORGA**.

PALABRAS CLAVES:

Mantenimiento Ecopetrol, Mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCA, RCM, Equipo rotativo.

DESCRIPCIÓN:

La meta principal de este proyecto de grado es la búsqueda de vías de gestión de mantenimiento para el equipo rotativo que permitan mejorar la disponibilidad operacional de las plantas del departamento de petroquímica de la Gerencia Refinería Barrancabermeja ECOPETROL S.A. El proyecto se desarrolló siguiendo cuatro pasos fundamentales:

Inicialmente se realizó una recopilación de políticas, normas y estándares seguidos por la empresa para la gestión del mantenimiento.

En la segunda parte se llevó a cabo la selección de los equipos rotativos críticos del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A. siguiendo tres metodologías: ASP, RPN y una metodología propuesta denominada análisis de históricos con diagramas de Pareto, finalmente se identificaron los siguientes equipos que resultaron críticos por las tres metodologías: SC1301, SR2201/SR2251, SC2204, SC1601AB, SC2201/02-SC2251/52 y SC2253.

Posteriormente se eligieron tres equipos críticos piloto: SC1301, SR2201 y SC2253, a los cuales se les realizó un estudio de los RCA hechos los últimos 8 años en busca de las causas raíces de falla encontrándose finalmente cuatro tipos: inadecuada catalogación de repuestos, malos procedimientos de mantenimiento, deficientes estrategias de mantenimiento y bajos conocimientos técnicos del personal de mantenimiento.

Finalmente, dadas las causa raíces identificadas, se realizaron estrategias de mantenimiento, procedimientos estandarizados y formatos de actualización de catálogos e inventarios para cada equipo piloto.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Isnardo González Jaimes

SUMMARY

TITLE:

INCREASED OPERATIONAL AVAILABILITY FOR THE SUSTENANCE OF PRODUCTION OF THE PETROCHEMICAL DEPARTMENT PLANTS OF GERENCIA REFINERÍA BARRACABERMEJA ECOPETROL S.A., THROUGH THE DESIGN OF A CRITICAL ROTATING EQUIPMENT MAINTENANCE STRATEGY.*

AUTHORS:

JHON FREDY CAMELO GONZÁLEZ.
EDUIN ALBERTO RAMÍREZ MAYORGA**.

KEYWORDS:

Maintenance Ecopetrol, Reliability centered maintenance, RCA, RCM, Rotating Equipment.

DESCRIPTION:

The main goal of this degree work is finding ways of maintenance management for rotating equipment to improve operational availability of the petrochemical department plants of Gerencia Refinería Barrancabermeja ECOPETROL S.A.

The project was developed following four fundamentals steps:

Initially a collection of policies, rules and standards followed by the company to manage the maintenance, it was performed also an investigation about the maintenance philosophy used by ECOPETROL S.A. (RCM: Reliability Centered Maintenance).

In the second part took place the selection of critical rotating equipment of petrochemical department plants of GRB ECOPETROL S.A. according to three methodologies: ASP, RPN and a methodology proposal called historical analysis with Pareto diagrams. Finally, the following equipments were identified as critical for the three methodologies: SC1301, SR2201 / SR2251, SC2204, SC1601AB, SC2201 / 02-SC2251 / 52 and SC2253.

Subsequently three critical pilot teams were chosen: SC1301, SC2253 and SR2201 to which underwent a study of the RCA made the last eight years looking for the root causes of failure, finally found four types: inadequate documentation of spare parts, poor procedures maintenance, poor maintenance strategies and low technical knowledge of maintenance personnel.

Finally, given the root causes identified, maintenance strategies, standardized procedures and formats update catalogs and inventories for each pilot team were performed.

* Degree Work.

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Head Teacher: Isnardo Gonzalez Jaimes.

INTRODUCCIÓN

El cambiante mundo comercial y el continuo proceso de la globalización ha provocado que las industrias de todo el mundo se fortalezcan para sobrevivir; en el caso específico de Ecopetrol S.A, el principal reto es hacer lo más eficiente posible la extracción y procesamiento del petróleo, obteniendo la mayor cantidad de productos valiosos, evitando al máximo la contaminación ambiental y cuidando estrictamente la seguridad de los trabajadores, todo enfocado a generar el menor impacto posible tanto en las zonas de perforación y extracción, como en las refinerías e industrias petroquímicas. Para lograr lo antes mencionado se realizan rigurosos procesos de planeación y gestión con los que se busca el mayor aprovechamiento de los activos y prever todas las posibles consecuencias que genera las actividades desarrolladas por Ecopetrol S.A, y como mitigar el impacto sobre la comunidad y sobre el medio ambiente.

Para asegurar un proceso de producción estable, seguro y limpio es indispensable tener control sobre el estado de todos los activos que interfieren en la cadena productiva, y esta es una de las labores principales de la llamada gestión de activos.

La rama enmarcada en la gestión de activos que se encarga de la preservación del correcto funcionamiento de los equipos de producción es el área de mantenimiento, la cual tiene como objetivo principal la inspección, reparación, reemplazo, puesta en servicio y mejoramiento de desempeño de operación de los equipos de producción y en general se encarga de mantener los equipos funcionando óptimamente para garantizar una producción continua, estable, segura y limpia.

ECOPETROL S.A. busca enfocar sus actividades de mantenimiento principalmente en la seguridad de los procesos y en el cuidado del medio ambiente. Para identificar las labores de mantenimiento costo efectivas para cada

equipo en específico, se basa en la filosofía de mantenimiento RCM (Reliability Centered Maintenance: Mantenimiento centrado en la confiabilidad). Para definir la criticidad de los activos se usan dos metodologías ASP (Administración de la seguridad de los procesos) y RPN (Reliability Percent Number: Numero porcentual de confiabilidad) las cuales permiten establecer la criticidad tanto por impacto ambiental e impacto a la seguridad de las personas como por efectos a la producción.

Actualmente en el departamento de petroquímica de la gerencia refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A, la disponibilidad de las plantas se ha visto afectada por repetidas fallas en los equipos críticos ocasionando pérdidas de producción que afectan los ingresos económicos e imagen de la empresa.

Este proyecto de grado se realiza como una necesidad de agrupar y organizar toda la información útil para el mantenimiento de equipo rotativo del departamento de petroquímica de la GRB de ECOPTEROL S.A. y a partir de la misma desarrollar una estrategia que permita aumentar la confiabilidad de estos equipos para reducir su falla y por ende las pérdidas de dinero generadas por paradas no programadas debido a inconvenientes con equipos rotativos críticos.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Continuar con la misión de la Universidad Industrial de Santander de contribuir con el desarrollo de las empresas colombianas mediante la realización de proyectos de grado que permitan interrelacionar la academia con la industria, mediante el diseño de una estrategia de mantenimiento para aumentar la disponibilidad operacional de las plantas del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio de los equipos rotativos de las plantas del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A en busca de los equipos críticos siguiendo las metodologías ASP (Administración de la seguridad de los procesos) y RPN (Risk priority number).
- Analizar los datos históricos de paradas no programadas de las plantas del departamento de los últimos 8 años y establecer los equipos rotativos que generaron las mismas, para así definir los equipos con mayor frecuencia de falla y que más impacto han tenido en la disponibilidad operacional del departamento.
- Realizar la selección de un equipo critico piloto para cada una de las plantas del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A. (Polietileno I, Polietileno II y Aromáticos).
- Realizar una recopilación de RCA's e investigaciones de falla de los equipos críticos piloto seleccionados (Polietileno I, Polietileno II y Aromáticos), y

analizarlos para extraer las soluciones que conduzcan a la mejora en la disponibilidad operacional del equipo rotativo del departamento de petroquímica.

- Desarrollar una estrategia de mantenimiento (RCM), enfocada a los equipos rotativos críticos piloto definidos (Polietileno I, Polietileno II y Aromáticos).
- Llevar a cabo la gestión del mantenimiento siguiendo el proceso estructurado propuesto por ECOPETROL S.A, mediante la elaboración de documentos FACI (Formato Actualización Catalogo de Inventarios), para la actualización de repuestos en el sistema ELLIPSE y la elaboración de procedimientos de reparación y desarmado para los compresores SC2201/02 y SC2203/04.

2. JUSTIFICACIÓN

El mantenimiento de los equipos de una planta es fundamental para garantizar una producción confiable y continua. Las fallas constantes o mal funcionamiento de los equipos generan frenos en la producción y por ende pérdidas de dinero. En el caso específico del departamento de petroquímica de la GRB de ECOPETROL S.A, se han presentado repetidas fallas en los equipos rotativos de las plantas de aromáticos y polietileno, representando sustanciales pérdidas económicas debido a que los equipos con constante falla son críticos y además únicos y por ende su falla genera paradas de planta no programadas. En la Tabla 1 se muestra el impacto económico que genera la parada no programada de cada planta del departamento de petroquímica.

Tabla 1. Impacto económico por la parada de un día de producción plantas del departamento de petroquímica GRB ECOPETROL S.A.

Departamento de petroquímica	
Planta	Lucro cesante 1 Dia de producción (US\$)
Aromáticos	320625.7
Polietileno	243300
Total	563925.7

Datos tomados de: ECOPETROL S.A

Como meta ECOPETROL S.A propone que la disponibilidad operacional de las plantas supere el 96%. En el mes de agosto el departamento de petroquímica presentó un indicador de disponibilidad operacional de 80.4%, la principal causa de esta disminución en este indicador fueron las paradas no programadas (shutdowns), especialmente en la planta de polietileno II la cual presentó fallas repetitivas en el compresor SC2251/52 y debido a que este equipo es fundamental

en el proceso de compresión del etileno y además es único, la producción de la planta tuvo que ser detenida.

La realización de este proyecto de grado permitirá el desarrollo de una estrategia de mantenimiento enfocada principalmente a equipos rotativos críticos de las plantas de Aromáticos y Polietileno del departamento de petroquímica de la GRB de ECOPETROL S.A, con la que se busca mejorar la confiabilidad de estos equipos y aumentar el tiempo medio entre fallas de los mismos, evitando así paradas de planta no programadas y por ende la pérdida de dinero por la baja producción. Al reducir las paradas de planta por falla de los equipos críticos se tendrá un incremento de la disponibilidad operacional.

En busca de evitar este tipo de fallas y por ende la pérdida de producción, con este proyecto se busca establecer los principales equipos rotativos que generaron las paradas de los últimos 8 años de las plantas del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A., y enfocar esfuerzos a la realización de una estrategia de mantenimiento y un plan de eliminación de defectos que permita corregir y mejorar la confiabilidad de los mismos, y por ende conseguir que estos equipos hagan lo que se espera que hagan sin fallar.

3. METODOLOGÍA

Etapas 1: Documentación de directrices, metodologías y regimientos de gestión de activos ECOPETROL S.A.

En esta etapa se busca recopilar y estudiar las normativas y estándares propuestos por ECOPETROL S.A. para la gestión de activos enfocada en la filosofía RCM. Estos estándares se deben usar para guiar el proceso de estructuración y elaboración de las estrategias de mantenimiento para así cumplir con los requerimientos de la empresa y hacer aplicables estas estrategias a los activos de la misma.

Las metas propuestas para esta etapa son:

- Estudiar las políticas y directrices de gestión de activos de ECOPETROL S.A.
- Especificar los parámetros y estándares fundamentales para el proceso de mantenimiento propuestos por ECOPETROL S.A.
- Definir los alcances adecuados a este proyecto de grado
- Estudiar las metodologías seguidas por ECOPETROL S.A para el establecimiento de equipos críticos y para la identificación de labores y estrategias de mantenimiento
- Conocer y aprender a operar el software de gestión de activos manejado por ECOPETROL S.A llamado ELLIPSE.

Etapas 2: Identificar los equipos rotativos críticos del departamento de Petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A y escoger los equipos piloto a tratar.

En esta etapa se establecen los equipos rotativos críticos del departamento de petroquímica siguiendo tres metodologías:

- ASP (Administración de la seguridad de los procesos)

- RPN (Risk priority number: Número de prioridad de riesgo)
- Diagrama Pareto, equipos que mayor impacto han generado a la disponibilidad operacional del departamento en los últimos 8 años.

Con la definición de los equipos rotativos críticos del departamento se busca identificar y enfocar la estrategia de mantenimiento en un equipo crítico piloto por cada planta.

Las metas propuestas para esta etapa son:

- Establecer los equipos rotativos críticos del departamento de petroquímica de la GRB de ECOPETROL S.A.
- Definir los tipos de equipos o los cuales se va a enfocar la estrategia de mantenimiento diseñada en este proyecto de grado
- Estudiar los históricos de fallas de los equipos de los últimos 7 años en busca de los modos de falla.
- Estudiar el impacto que cada falla genera a la disponibilidad operacional, y que consecuencias económicas, ambientales y de seguridad conllevan.
- Seleccionar un equipo crítico por planta que haya generado alto impacto a la disponibilidad operacional del departamento.

Etapas 3: Recopilar los estudios RCA ya elaborados y extraer los modos de falla y causas que llevan a la no disponibilidad de estos activos.

En esta etapa se recopilan, organizan y analizan los estudios RCA de los equipos rotativos críticos realizados por el área de ingeniería de confiabilidad, y posteriormente realizar un estudio en busca de los modos de falla, causas raíces identificadas y la recomendaciones de solución.

Las metas propuestas para esta etapa son:

- Recopilar, organizar y analizar los estudios RCA de los equipos críticos ya realizados en el departamento.

- Conocer los modos de fallas y las causas raíces.
- Recopilar las recomendaciones realizadas para solucionar las causas raíces.

Etapas 4: Establecer la estrategia de mantenimiento RCM enfocada a los equipos críticos piloto seleccionados.

El objetivo de esta etapa es definir las principales actividades de mantenimiento que requieren los equipos críticos del departamento, asociándolos según el tipo de equipo rotativo (Ejemplo: Compresor recíprocante, bomba centrífuga, compresor centrífugo, compresor de lóbulos, separador, reactor etc.). En esta etapa también se establecen procedimientos y buenas prácticas de mantenimiento con las que se busca optimizar las labores de mantenimiento y evitar reprocesos y daños debidos a desorganizadas y malas tareas de mantenimiento.

Las metas propuestas para esta etapa son:

- Clasificar los equipos rotativos críticos seleccionados según su tipo.
- Según los modos de falla identificados anteriormente, definir los tipos y actividades de mantenimiento que deben ser incluidas en la estrategia de mantenimiento
- Establecer procedimientos estandarizados según la normativa de ECOPETROL S.A para la reparación y mantenimiento de los equipos críticos seleccionados.

Etapas 5: Gestión de mantenimiento

En esta etapa se busca establecer los recursos necesarios y la manera en la que se llevara a cabo el plan de mantenimiento siguiendo los estándares de ECOPETROL, y los documentos establecidos para este propósito.

Las metas propuestas para esta etapa son:

- Desarrollar los FACI (Formato de Actualización de Catálogos e Inventarios) estructurados por subsistemas para cada equipo piloto, estableciendo parámetros de stock.
- Actualizar la base de datos de bodega contenida en el módulo 178 y 101 del software manejado por ECOPETROL S.A. para la gestión del mantenimiento ELLIPSE.
- Realizar en compañía de mecánicos expertos procedimientos para el desarmado y reparación de los compresores SC2201/02 y SC2203 – SC2204.

Etapas 6: Precisar la estrategia de mantenimiento propuesta

El objetivo de esta etapa es dar a conocer los resultados de este proyecto de grado tanto en ECOPETROL S.A. como en la Universidad Industrial de Santander para formalizar su contenido y sustentar su viabilidad.

Las metas propuestas para esta etapa son:

- Presentar la estrategia de mantenimiento propuesta a ECOPETROL S.A.
- Sustentar el proyecto de grado a la Universidad Industrial de Santander.

4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La empresa colombiana de petróleos ECOPETROL S.A., fue creada en el año 1951 después de la reversión de activos hecha por el estado colombiano a la Tropical Oil Company, y desde entonces realiza la exploración, extracción y procesamiento del petróleo en todo el país como una empresa del estado.

En el año 2003 el gobierno modificó la estructura organizacional de la empresa convirtiéndola en ECOPETROL S.A, pasando sus activos de públicos a mixtos. ECOPETROL S.A. funciona como una sociedad de naturaleza mercantil, dedicada al ejercicio de las actividades propias de la industria y el comercio del petróleo y sus afines.

ECOPETROL S.A es la empresa más grande del país y la principal empresa petrolera de Colombia. Por su tamaño ECOPETROL S.A. está ubicado entre las 35 petroleras más importantes del mundo y las cinco principales de Latinoamérica.

4.2 INFRAESTRUCTURA

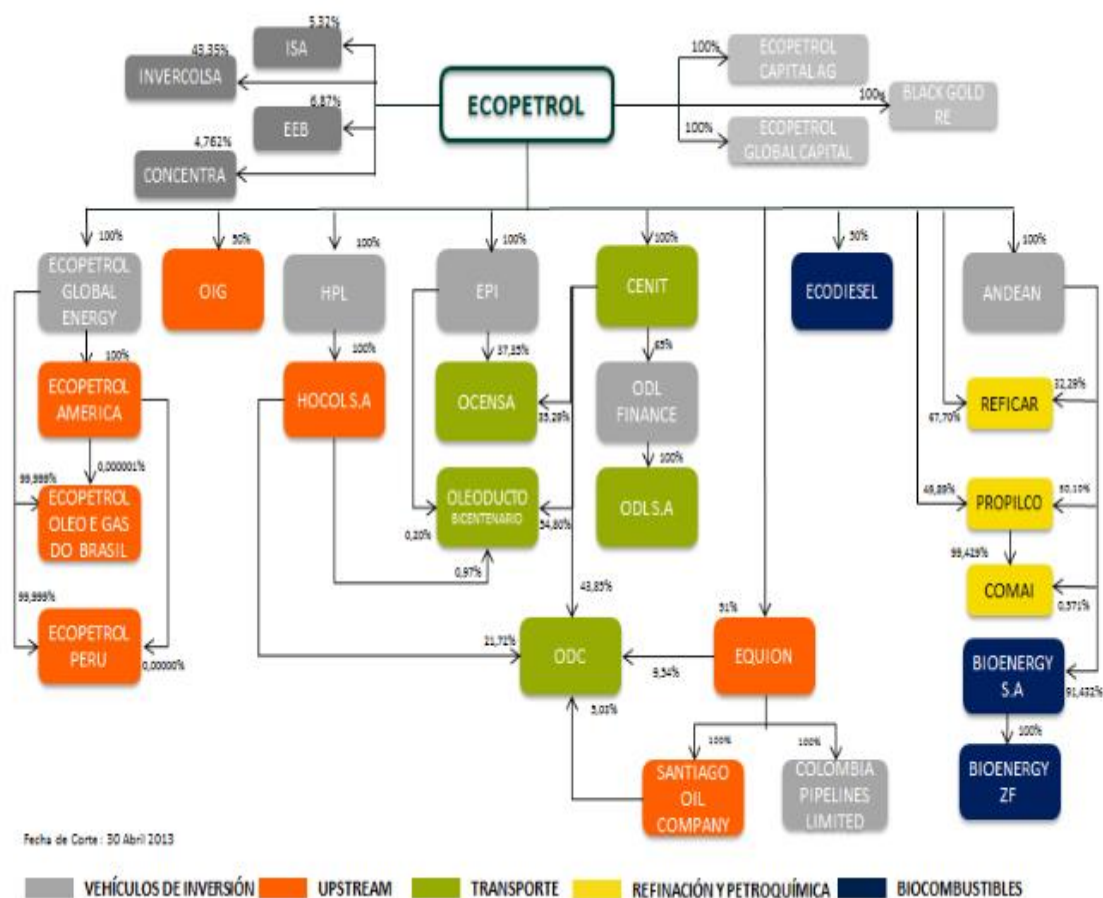
ECOPETROL S.A. se encarga de la explotación de la reserva petrolera de varios pozos, en la tabla 2 se muestran los principales yacimientos petrolíferos administrados por ECOPETROL S.A. y la reserva de petróleo estimada al ser descubiertos. (Tabla 2 siguiente página).

**Tabla 2. Principales Yacimientos petrolíferos descubiertos por
ECOPETROL S.A**

Nombre	Año de Descubrimiento	Reservas Millones de Barriles
La Cira-Infantas	1918	800
Tibú	1940	270
Casabe	1941	300
Velásquez-Palagua	1946	300
Yarigui	1954	200
Provincia-Payoa	1960	300
Río Zulia	1962	140
Orito	1963	240
Castilla	1969	320
Chuchupa	1972	7 Terapias cúbicos de gas
Apiay-Suria	1981	215
Caño Limón	1983	1250
San Francisco	1985	150
Cusiana	1989	750
Cupiagua	1993	510
Guando	2000	130
Gibraltar	2003	630 Gigapies cúbicos de gas
		15 Millones de barriles

Fuente: ECOPETROL S.A.

Figura 1. Grupo empresarial ECOPETROL S.A.



Fuente: ECOPETROL S.A.

4.3 PLAN ESTRATÉGICO DE ECOPETROL S.A.

4.3.1 Misión: “Encontramos y convertimos fuentes de energía en valor para nuestros clientes y accionistas, asegurando la integridad de las personas, la seguridad de los procesos y el cuidado del medio ambiente, contribuyendo al bienestar de las áreas donde operamos, con personal comprometido que busca la excelencia, su desarrollo integral y la construcción de relaciones de largo plazo con nuestros grupos de interés”.

4.3.2 Visión al 2020: “Ecopetrol, Grupo Empresarial enfocado en petróleo, gas, petroquímica y combustibles alternativos, será una de las 30 principales compañías de la industria petrolera, reconocida por su posicionamiento internacional, su innovación y compromiso con el desarrollo sostenible”.

Figura 2. Marco estratégico grupo empresarial ECOPETROL S.A. 2012-2020



Fuente: ECOPETROL S.A.

4.4 ÁREAS DE TRABAJO ECOPETROL S.A.

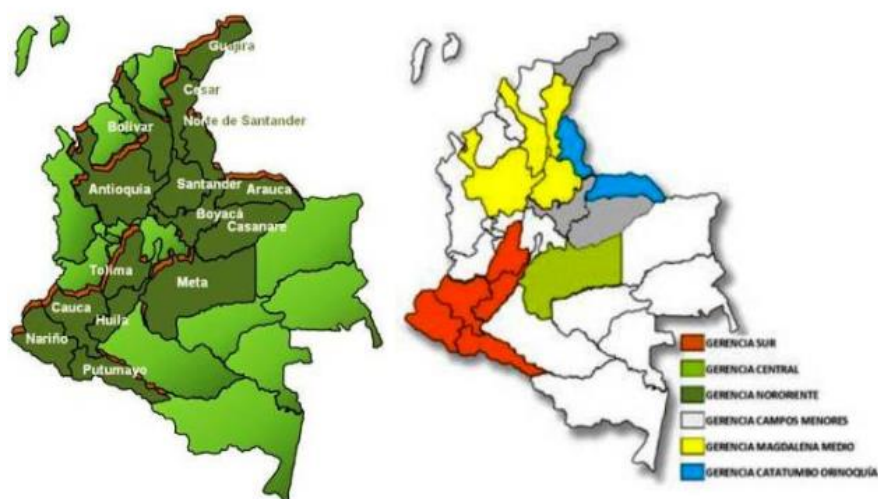
ECOPETROL S.A es una empresa dedicada a la exploración, perforación, extracción y procesamiento de petróleo y gas fósil, a continuación se explican

brevemente cada uno de los procesos productivos en los cuales está involucrado ECOPETROL S.A:

4.4.1 Vicepresidencia de exploración: ECOPETROL S.A realiza actividades de exploración de hidrocarburos en 32 bloques del territorio colombiano de manera directa y en 15 adicionales participa en riesgo con otras compañías, uno de ellos es el Tayrona, la vicepresidencia de exploración se encarga de explorar los sitios del territorio colombiano donde geológicamente se presume de la existencia de yacimientos petroleros o de gas, mediante el uso de tecnologías avanzadas de poco impacto ambiental.

4.4.2 Vicepresidencia de desarrollo y producción: En ECOPETROL S.A. la vicepresidencia de producción administra el proceso de explotación del crudo de los campos a su cargo, y busca maximizar el recobro de hidrocarburos y optimizar la tasa de producción de los yacimientos, de manera rentable y mediante un desarrollo sostenible. La Figura 3 muestra las regiones del país en donde ECOPETROL S.A interviene en la explotación de petróleo:

Figura 3. Zonas de explotación petrolera ECOPETROL S.A



Fuente: ECOPETROL S.A

4.4.3 Vicepresidencia downstream: La vicepresidencia del downstream es la encargada de todo lo relacionado con el procesamiento industrial del petróleo, abarcado en dos industrias principalmente: la refinación y la petroquímica.

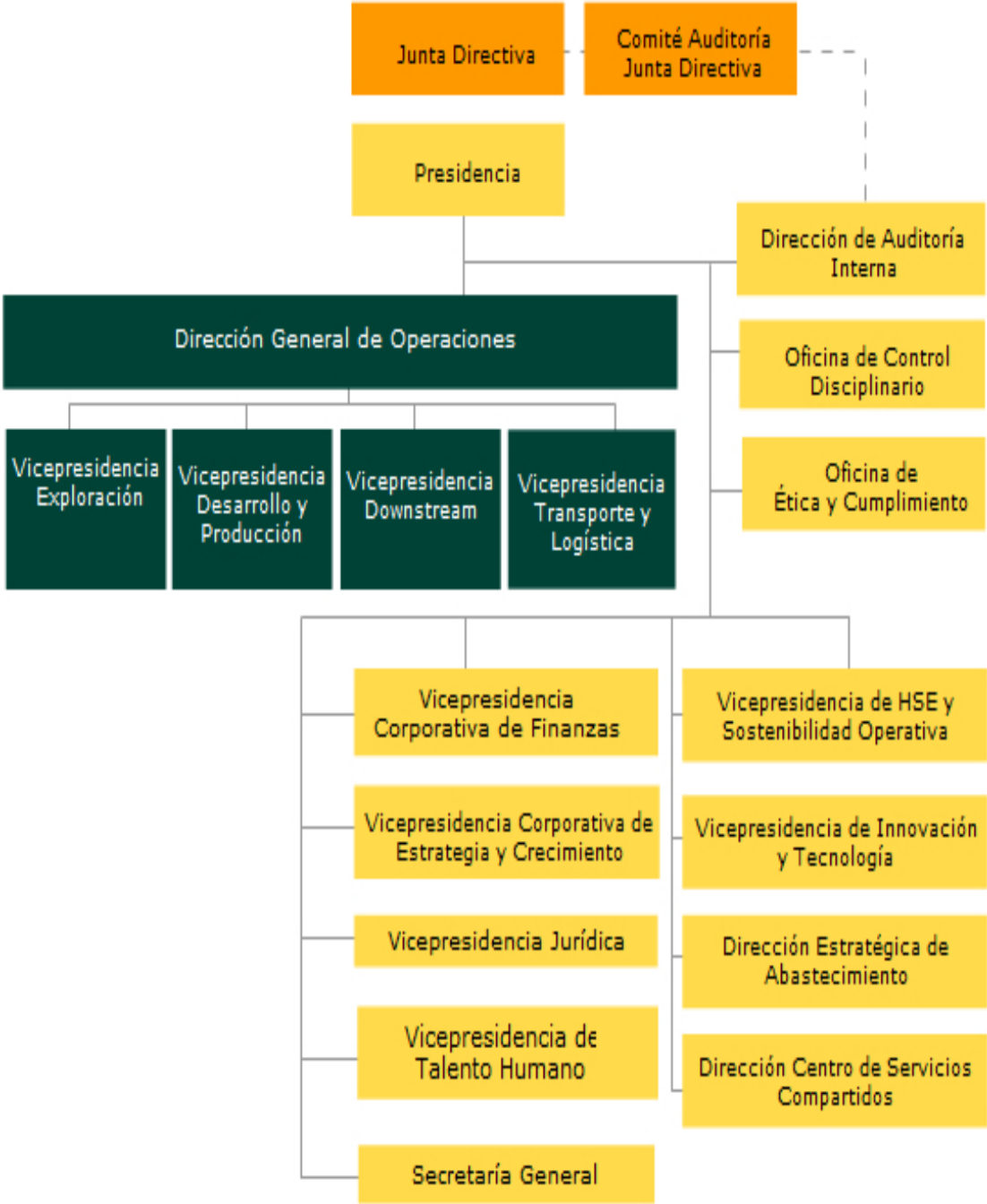
La refinación de crudo se encarga por medio de diferentes medios, de la separación de las distintas sustancias presentes en el petróleo, que fundamentalmente se dividen en dos: los livianos y los pesados. Se denomina livianos a los hidrocarburos que se obtienen por medio de la destilación a diferentes temperaturas, por otro lado los pesados son los residuos que quedan de dicha destilación, de allí se obtienen betunes, parafinas, vaselinas, grasas y muchos otros productos.

La petroquímica se encarga del procesamiento químico de diferentes hidrocarburos como la nafta y el etileno, para la obtención de otras sustancias tales como el polietileno y los denominados aromáticos (ciclo-hexano, benceno, tolueno, xilenos, aromáticos pesados etc.).

4.4.4 Vicepresidencia de transporte y logística: Esta parte de la organización de ECOPETROL S.A. se encarga del transporte del crudo y los productos obtenidos por la refinación y la petroquímica para ser comercializados por todo el país y el mundo. En Ecopetrol se manejan fundamentalmente tres tipos de transporte tanto para el crudo como para los productos: transporte fluvial y marítimo, transporte terrestre y transporte por conductos y tuberías (estaciones y subestaciones de bombeo).

4.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Figura 4. Organigrama ECOPETROL S.A.



Fuente: ECOPETROL S.A.

4.6 DEPARTAMENTO DE PETROQUÍMICA DE LA GRB ECOPETROL S.A

Figura 5. Departamento de petroquímica



Fuente: ECOPETROL S.A.

El departamento de petroquímica de la gerencia refinería Barrancabermeja es el encargado del procesamiento químico de derivados del petróleo obtenidos a través de la destilación y otros procesos químicos (por ejemplo nafta y etileno), para la obtención de productos finales tales como los denominados aromáticos (tolueno, benceno, ciclo-hexano, xilenos) y el polietileno, para ello cuenta con tres plantas de procesamiento petroquímico: Polietileno I, Polietileno II, Aromáticos.

4.6.1 Plantas De Aromáticos: Las plantas de aromáticos del departamento de petroquímica se encargan de destilar nafta a diferentes condiciones de temperatura y presión para producir derivados tales como: Benceno, Xilenos, Ciclohexano, Ortóxilenos, Virginoil, Varsol, C9's, Tolueno, Platformado, Nafta liviana y GLP.

Esta planta lleva a cabo los siguientes procesos:

- **Prefraccionamiento (U1300):** Es un proceso que permite seleccionar la nafta para dejar un corte donde se encuentran los precursores de la formación de los compuestos aromáticos.
- **Unifining (U1300):** Realiza la descontaminación de nafta mediante un proceso de hidrotratamiento.
- **Platforming (U1300):** Es el proceso de formación de los compuestos aromáticos.
- **Sulfolane (U1400):** Es un proceso de extracción líquido-líquido que se realiza al platformado para separar la parte de los aromáticos de los no aromáticos.
- **Fraccionamiento (U1500):** Es un proceso de fraccionamiento del extracto aromático para producir benceno, tolueno, xileno y ortóxileno.
- **Hydeal (U1600):** Es un proceso que convierte tolueno y xilenos en benceno a través de una reacción de hidrodealquilación térmica.
- **Hydrar (U1700):** Es un proceso de conversión de benceno en ciclohexano a través de un proceso de hidrogenación catalítica.

4.6.2 Plantas De Polietileno: Las plantas de polietileno se encargan de procesar etileno, proveniente de otras unidades de la refinería, a las condiciones de temperatura y presión adecuadas para la reacción de polimerización, donde se generan cadenas monómeras de etileno que posteriormente por enlaces de Van Der Waals generan un polímero conocido como polietileno.

La planta de polietileno está compuesta por dos unidades independientes que producen distintas cantidades y calidades de polietileno de baja densidad denominadas **Polietileno I (U2200)** y **Polietileno II (U2250)**

El proceso de producción de polietileno a grandes rasgos consiste en comprimir el gas etileno es distintas etapas elevándolo desde una presión de 6 psig hasta 18000 psig, y mediante equipos de transferencia de calor controlar la temperatura hasta 130 °F, para llevarlo hasta un reactor en donde se introduce y se hace reaccionar con un catalizador y mediante un proceso de agitación y mezclado se logra la polimerización de la cual se obtiene una sustancia viscosa de aspecto pastoso, esta es llevada hasta el sistema de extrusión en donde se mezcla con diferentes aditivos y es extruido y cortado en trozos pequeños llamados pellets que posteriormente son almacenados y empacados.

5. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hace la recopilación necesaria de toda la información científica para el desarrollo de este proyecto, en donde se plantean las diversas estrategias, para la implementación del mantenimiento más adecuado, con el propósito de tener un mantenimiento más eficiente y funcional, con respecto al que se está llevando actualmente y de esta manera generar el incremento de la disponibilidad operacional para el sostenimiento de la producción de las plantas del departamento de petroquímica de la Gerencia Refinería Barrancabermeja, ECOPETROL S.A.

5.1 DEFINICION

Según el Autor González Fernández¹, se entiende por Mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo.

De acuerdo con la investigación realizada por los autores Rincón Capera y Rivera Murillo², y conforme con la anterior definición se deducen distintas actividades

- Prevenir y/o corregir averías.
- Cuantificar y/o evaluar el estado de las instalaciones.

¹ **GONZALEZ FERNANDEZ, Javier Francisco.** Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. 2ed. Madrid: Fundación Confemetal. 2005. p 90.

² **RINCON CAPERA, Daniel y RIVERA MURILLO, Martin.** implementación del mantenimiento autónomo para la cervecería Bavaria en el área de servicios industriales. Trabajo de grado en la modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecanicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2013. p 43-44.

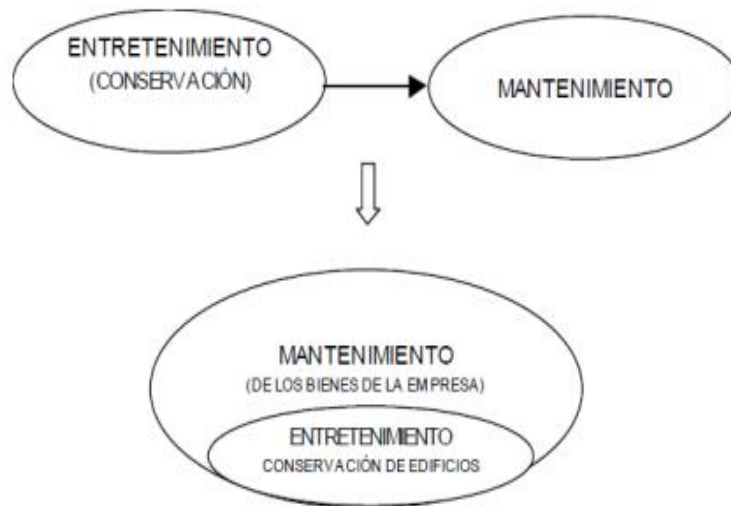
La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria, herramienta, equipo de trabajo. Lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

5.2 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO³

El término "mantenimiento" se empezó a utilizar en la industria hacia 1950 en EE.UU. En Francia se fue imponiendo progresivamente el término "entretenimiento".

Según el Autor Moubray John⁴, el concepto ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos para asegurar la producción (Entretenimiento) hasta la concepción actual del mantenimiento con funciones de prevenir, corregir y revisar los equipos a fin de optimizar el coste global.

Figura 6. Concepción actual del mantenimiento.



Fuente: Autores

³ **GONZALEZ FERNANDEZ, Javier Francisco.** Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. 2ed. Madrid: Fundación Confemetal. 2005. p 90-100.

⁴ **MOUBRAY, John Mitchell.** Mantenimiento Centrado en confiabilidad II. 2ed. Madrid: Aladon Ltd. 2004. p6-9.

Según la información recopilada y de acuerdo con la investigación realizada por los autores Mitchel Moreno y Ríos Barrera⁵, En cualquier caso se puede distinguir cuatro generaciones en la evolución del concepto de mantenimiento:

5.2.1 La primera generación: La primera generación cubre el periodo hasta la Segunda Guerra Mundial. En esa época la industria no era altamente mecanizada, de modo que los tiempos de inactividad no tenían demasiada importancia. Esto significa que la prevención de fallas en equipos no era una prioridad en la mayoría de los gerentes y manejadores de la industria. Al mismo tiempo, la mayoría de los equipos eran simples y muy bien diseñados esto los hacía confiables y fáciles de reparar.

Como consecuencia, no había necesidad de mantenimiento sistemático de ningún tipo, más allá que la limpieza, control y lubricación de rutina. La necesidad de habilidades específicas era inclusive menor de lo que es ahora.

5.2.2 La segunda generación: Todo cambió dramáticamente desde la Segunda Guerra Mundial. Las presiones de la guerra aumentaron la demanda de todo tipo de provisiones, mientras que la disponibilidad de mano de obra disminuyó notablemente. Esto llevó a una mayor mecanización. Para 1950 las maquinarias de todo tipo se habían multiplicado en número y complejidad. La industria estaba comenzando a depender de ellas.

A medida que esta independencia creció, la inactividad tuvo un enfoque más cercano. Esto trajo la idea de que las fallas técnicas podían y debían ser prevenidas, lo que trajo a su vez el concepto de *mantenimiento preventivo*. En

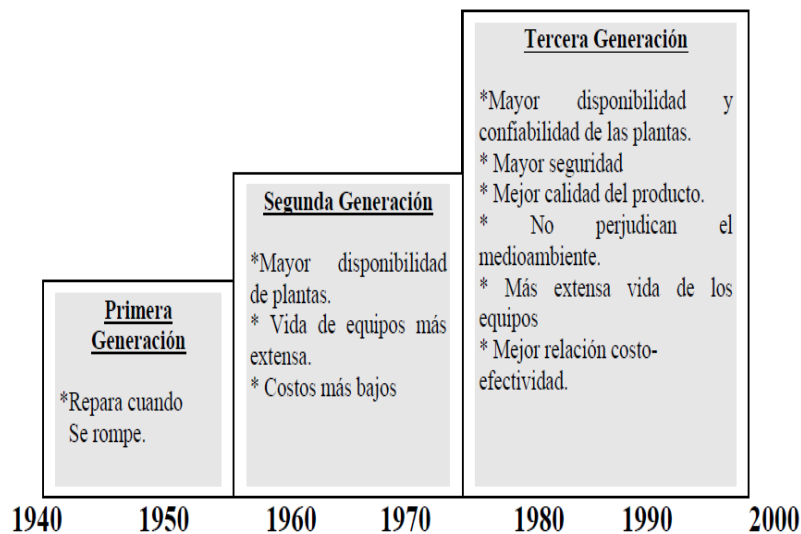
⁵ MITCHEL MORENO, Jonathan y RIOS BARRERA, Ángel. Desarrollo de una herramienta computacional para el análisis individual de sistemas mecánicos siguiendo el enfoque de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Trabajo de grado en la modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2014. p 37-42.

1960 éste consistía principalmente en el reacondicionamiento de los equipos, que se realizaba en intervalos fijos.

El costo de mantenimiento comenzó a incrementarse notablemente en comparación con otros costos operativos. Esto propició el crecimiento de la *planificación de mantenimiento y programas de control*. Estos fueron una enorme contribución para comenzar a controlar el mantenimiento, y actualmente forman parte oficial de las prácticas de éste. Finalmente, la cantidad de capital invertido en bienes físicos y los costos crecientes, condujo a que los propietarios buscaran el modo de maximizar la vida de esos bienes.

5.2.3 La tercera generación: Desde mediados de 1970 el proceso de cambio en la industria ha conjugado un *momentum* aún mayor. Los cambios pueden clasificarse bajo los títulos de *nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas*.

Figura 7. Crecientes expectativas del mantenimiento.



Fuente: MOUBRAY, John Mitchell. Mantenimiento Centrado en confiabilidad II.

2ed. Madrid: Aladon Ltd. 2004. p 3

El tiempo de inactividad afecta la capacidad productiva de los bienes físicos, reduciendo su rendimiento, incrementando los costos operativos y afectando el servicio al cliente. Esto ya era un problema de gran envergadura en 1960 y 1970, que perjudicaba a los sectores fabriles, mineros y de transporte. Los efectos de la inactividad se agravan aún más por la tendencia mundial a adoptar sistemas de exactitud, donde al reducirse la cantidad de material a través de la cadena de provisión, trae aparejado el hecho de que un número mínimo de fallas tienden a interferir con la operación general de la planta. Recientemente, el crecimiento de la mecanización y automatización trajo aparejado que la *garantía* de funcionamiento y disponibilidad se conviertan en planteamientos claves en sectores tan diversos como cuidado de la salud, procesamiento de datos, telecomunicaciones y administración de edificios.

Una mayor automatización significa también que cada vez más fallas afectan nuestra capacidad de mantener los *estándares elevados de calidad*. Esto se aplica tanto a los servicios como a la calidad del producto. Por ejemplo, las fallas en equipos pueden afectar la climatización imprescindible en edificios, y la puntualidad de las redes de transportes puede ser clave en el cumplimiento de fechas específicas de fabricación.

Estas fallas tienen serias consecuencias *medioambientales* y de *seguridad*, en una época cuando los estándares en estos aspectos son cada vez más elevados. En algunos sectores del mundo se está llegando al punto donde una organización tiene que garantizar la seguridad de la sociedad y el medioambiente, o en su defecto debe dejar de operar. Esto agrega aún más a la magnitud de dependencia en la integridad de nuestros bienes físicos: hace que esto vaya más allá de los costos y se convierta simplemente en una cuestión de supervivencia organizacional.

Al mismo tiempo que la dependencia en los bienes materiales está creciendo, también se incrementan sus costos *de operación y de adquisición*. Para asegurar el máximo retorno en la inversión que ellos representan, se debe lograr que trabajen eficientemente durante toda su vida útil esperada. Finalmente, *el costo de mantenimiento en sí mismo* está también aumentando, en forma equitativa y como una proporción de los gastos generales.

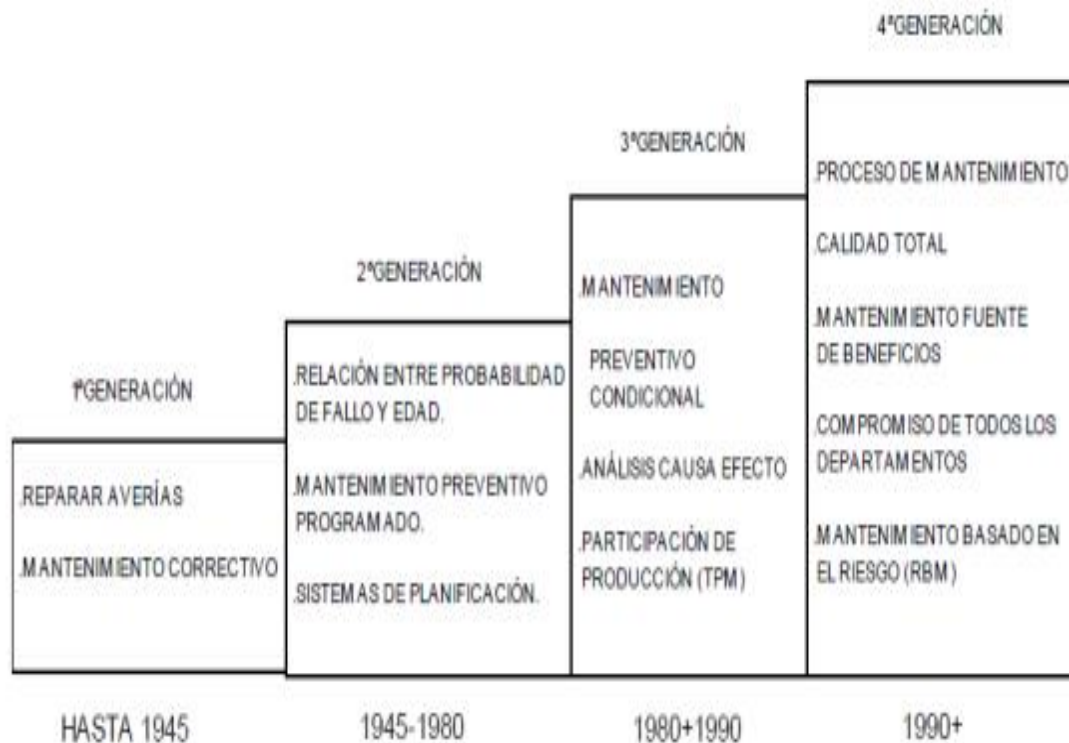
Para algunas industrias, este representa el segundo o hasta inclusive el mayor gasto entre los costos operativos. Como consecuencia, en los últimos treinta años se posicionó, desde el lugar prácticamente sin la importancia que ocupaba, hasta formar hoy en día parte de las prioridades de los sistemas de control de costos.

5.2.4 La cuarta generación: Aparece en los primeros años 90. El Mantenimiento se contempla como una parte del concepto de Calidad Total: "Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos. Es el Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR): Se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo coste.

Se requiere un cambio de mentalidad en las personas y se utilizan herramientas como:

- Ingeniería del Riesgo (Determinar consecuencias de fallos que son aceptables o no).
- Análisis de Fiabilidad (Identificar tareas preventivas factibles y rentables).
- Mejora de la Mantenibilidad (Reducir tiempos y costes de mantenimiento).

Figura 8. Cuatro generaciones del concepto de mantenimiento.

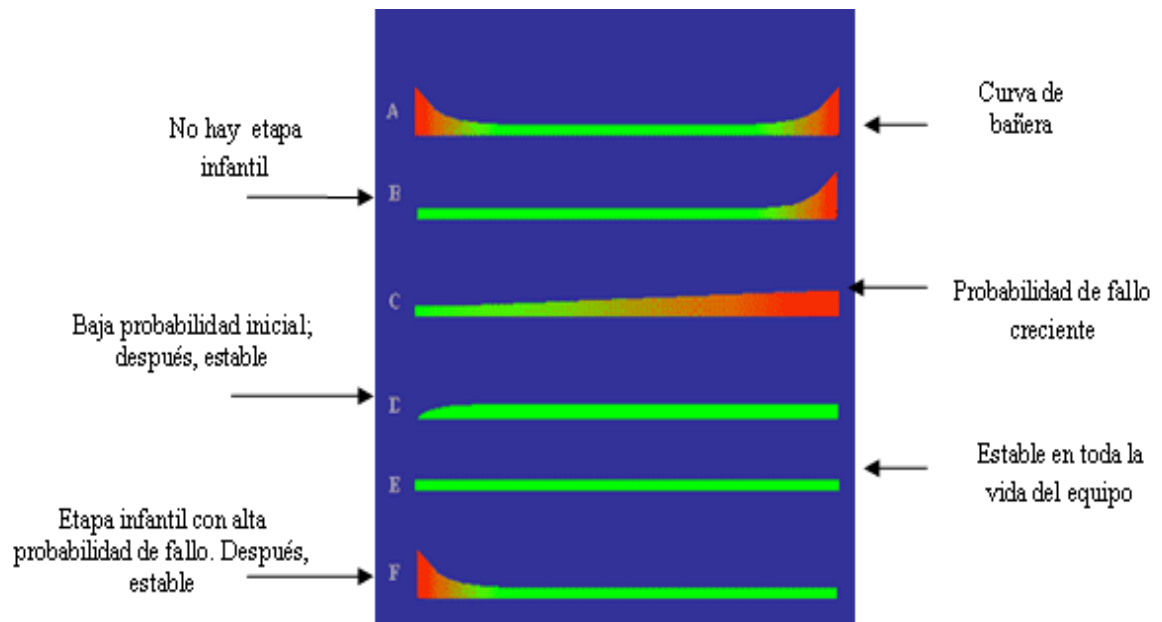


Fuente: Autores.

5.2.5 Nueva Investigación: Difiriendo con expectativas mayores, las nuevas investigaciones están modificando muchos de los principios más arraigados sobre la relación entre antigüedad y fallas. En particular, hay aparentemente cada vez una menor conexión entre la edad operativa de la mayoría de los bienes y que tan propensos a fallar.

La figura 9, muestra cómo las primeras apreciaciones sobre las fallas estaban totalmente basadas en el principio de que a medida de que los bienes envejecen, tiene una mayor tendencia a fallar. La advertencia creciente de “mortalidad infantil” llevó a que se expandiera la idea de la Segunda Generación en la curva de “la bañera”.

Figura 9. Técnicas cambiantes de mantenimiento



Fuente: <http://modelomantenimiento.wikispaces.com/>

Sin embargo, las investigaciones de la tercera generación revelaron que no uno o dos, sino seis modos de fallas ocurren durante la práctica. Como se discute más detalladamente adelante en este capítulo, una de las conclusiones más importantes que emergen de este estudio es el convencimiento de que, aunque se haya hecho exactamente lo planeado, un enorme número de las operaciones tradicionales de mantenimiento no llevan a absolutamente nada, mientras que otras son activamente contraproducentes y hasta peligrosas. Esto es particularmente verídico en muchas acciones realizadas bajo nombre de mantenimiento preventivo.

Por otro lado, muchas tareas de mantenimiento, que son esenciales para la operación segura de sistemas industriales modernos y complejos, no figuran en los programas asociados de mantenimiento. En otras palabras: la industria, en general, está poniendo una gran atención en realizar los trabajos de mantenimiento en forma correcta (hacer correctamente el trabajo), pero se

necesita hacer mucho más para asegurar que los trabajos planificados, son los trabajos que deben realizarse (hacer el trabajo correcto).

5.2.6 Nuevas Técnicas: Hubo un crecimiento explosivo en los nuevos conceptos y técnicas de mantenimiento. Se desarrollaron cientos de ellos en los últimos 20 años y cada semana emergen nuevos.

5.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Según el Autor González Fernández⁶, el mantenimiento dentro de la industria ha sufrido una evolución importante empujada en gran parte por el desarrollo tecnológico de los equipos de control y medida.

Históricamente el mantenimiento ha pasado por diversas concepciones y técnicas Y de acuerdo con la investigación realizada por los autores Rincón Capera y Rivera Murillo⁷, cabe destacar las siguientes:

5.3.1 Mantenimiento Accidental: Los encargados del mantenimiento y propietarios consideraban que lo correcto era operar un equipo hasta que su funcionamiento fuera completamente defectuoso y perdiera toda posibilidad de prestar algún servicio. Esta forma de mantenimiento ocasionaba grandes pérdidas al no tomar en cuenta los costos de producción generados por el paro imprevisto del equipo y es utilizado todavía en algunas fábricas pequeñas, microempresas de baja productividad y en equipos desechables o de poco valor.

⁶ **GONZALEZ FERNANDEZ, Javier Francisco.** Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. 2ed. Madrid: Fundación Confemetal. 2005. p 100-130.

⁷ **RINCON CAPERA, Daniel y RIVERA MURILLO, Martin.** implementación del mantenimiento autónomo para la cervecería Bavaria en el área de servicios industriales. Trabajo de grado en la modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecanicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2013. p 46-50.

5.3.2 Mantenimiento Progresivo: En este tipo de mantenimiento el equipo se subdivide racionalmente para mantenerlo en forma progresiva.

Por ejemplo: Un motor de 4 cilindros, cada 2000 horas de servicio se le cambiaban los elementos de un cilindro por un juego de repuestos, las partes desmontadas se limpiaban e inspeccionaban cuidadosamente para determinar si existían signos de falla, en cuyo caso se reparaban y se dejaban listos para servir de repuestos al siguiente cilindro que le correspondiera el mantenimiento. A las 1000 horas de servicio se desarmaba nuevamente el primer cilindro y se instalaban las piezas que se le quitaban al último que se había revisado.

Con este tipo de mantenimiento se lograba la máxima disponibilidad del motor, pero no se obtenía la máxima vida de sus elementos, ni se lograba la máxima eficiencia, ni existía protección contra fallas prematuras, pues cada elemento se revisaba solo en el momento en que cumplía su periodo establecido.

5.3.3 Mantenimiento Preventivo Sistemático: El mantenimiento sistemático es el mantenimiento preventivo realizado de acuerdo a una variable independiente, usualmente el tiempo, el kilometraje recorrido, unidades de piezas producidas, etc. Es indudable que siempre se puede mejorar, y el mantenimiento preventivo sistemático, en la medida que se adquiriera un mayor conocimiento de los procesos productivos y evolución del estado de los activos, el mantenimiento debe evolucionar hacia un mantenimiento basado más por su condición y estado actual. Es importante notar que el Departamento de Mantenimiento puede obtener resultados interesantes en cuanto a eficacia y rentabilidad si se plantea la posibilidad de reemplazar el mantenimiento sistemático por un mantenimiento basado en el conocimiento del estado actual del elemento a mantener.

5.3.4 Mantenimiento Preventivo: Es el mantenimiento que se realiza a los equipos de una planta en forma platicada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas y debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminada a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de los equipos.

El Mantenimiento Preventivo más que una técnica específica de mantenimiento. Es una filosofía o estado de ánimo que comienza desde el mismo momento en que se diseña el equipo, ya que allí se piensa en la facilidad de mantenimiento. y montaje, en la confiabilidad, duración y cuidados de cada una de sus partes. Mantenimiento Preventivo no es limpiar un equipo, es mantenerlo totalmente cubierto en lugares contaminados.

5.3.5 Mantenimiento Predictivo: Producto del desarrollo del Mantenimiento Preventivo a través de “La investigación Preventiva”. Se ha logrado determinar que el 99% de todas las fallas de los equipos están precedidas de ciertos signos o condiciones indicadoras de que ellas se van producir; por tanto, medir esos signos especialmente para un equipo, determinará el momento preciso en el cual la falla se presentará y aplicando el Mantenimiento Preventivo se evitará su ocurrencia.

El Mantenimiento Predictivo es aquel que se realiza mediante la utilización de indicadores y/o registradores, con alarma o sin ella, para medir los parámetros fundamentales de funcionamiento óptimo de las máquinas. Estos aparatos de control pueden ser: Vibrómetros, manómetros, termómetros, termógrafos, niveles de ruido, analizadores de gases, aceites, medidores de espesores, aislamientos eléctricos, etc; el Mantenimiento Predictivo es el futuro del mantenimiento ya que muchos equipos se están construyendo hoy en día con sensores de diversas clases, que puedan enviar señales a indicadores y registradores cada vez más sofisticados, conectados a micro- procesadores.

5.3.6 Mantenimiento Productivo: Cuando en la década de los 80 comienza a hablarse de la excelencia en el proceso productivo, el cambio de mentalidad sobre el control de la calidad, el acaparamiento a través de inventarios y las discrepancias entre el operador y el mantenedor, se hace imperiosa la necesidad de modificar la estructura, el ambiente y la política de la empresa. En la década de los 80, los japoneses a través de su filosofía del control total de la calidad y la excelencia en la manufactura irradian este influjo sobre el mantenimiento; creando las bases del mantenimiento Productivo Total, el cual puede definirse por los 5 elementos que lo componen:

1. Lograr la máxima efectividad del equipo por medio del mantenimiento preventivo económico.
2. Un programa de Mantenimiento Preventivo para toda la vida del equipo.
3. El Mantenimiento es realizado por todas las dependencias de la empresa. Los operarios se encargan de prestar los primeros auxilios. Se acaba el “Yo opero, tu reparas”.
4. Todos los miembros de la organización tienen participación y responsabilidad. Se realiza un programa autónomo por parte de operarios.
5. Se crean pequeños responsables de las actividades del Mantenimiento; La existencia de estos grupos hace la diferencia entre Mantenimiento Productivo y Mantenimiento Productivo Total.

5.3.7 Mantenimiento Proactivo: Es una técnica enfocada en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en equipos, componentes e instalaciones industriales, esta técnica implementa soluciones que atacan la causa de los problemas no los efectos.

Es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no se debe permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria,

ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones según el programa de Mantenimiento Proactivo. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio.

5.4 DEFINICIÓN DE RCM

De acuerdo con la investigación realizada por los autores Mitchel Moreno y Ríos Barrera⁸, y según John Moubray⁹, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es “un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”.

También se puede ver que las sociedades de estudio en ingeniería tienen su propio significado, como por ejemplo: La SAE lo define como “un proceso específico usado para identificar políticas, las cuales tienen que ser implementadas para manejar modos de fallas los cuales pueden causar la pérdida de la función de cualquier activo físico en el contexto operacional dado”.¹⁰

Otro autor como Anthony R. Smith dice que es “una filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas del

⁸ MITCHEL MORENO, Jonathan y RIOS BARRERA, Ángel. Desarrollo de una herramienta computacional para el análisis individual de sistemas mecánicos siguiendo el enfoque de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Trabajo de grado en la modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2014, p 42-71.

⁹ MOUBRAY, John Mitchell. Mantenimiento Centrado en confiabilidad II. 2ed. Madrid: Aladon Ltd. 2004. P 7.

¹⁰ “Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)”, (SAE JAE1011), Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001, USA.

mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originaran los modos de falla de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones”.¹¹

5.5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA RCM.

La teoría básica del RCM se fundamenta en la formulación de 7 Preguntas básicas acerca del activo o sistema que se quiere revisar.

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

En las subsecciones siguientes se explica en detalle cada una de las preguntas mencionadas anteriormente.

5.5.1 ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

Antes de iniciar un proceso de estudio para mantenimiento es necesario saber en detalle cuáles son los límites y alcances de desempeño que se esperan del activo cuando se encuentra en correcto funcionamiento.

Cuando se refiere a la primera pregunta de RCM se define la función del activo, es decir que espera el usuario del activo; con ello la descripción completa de una

¹¹ **SMITH, Anthony.** Reliability Centered Maintenance, citado por VALENCIA, Guillermo. Plan piloto MCC como herramienta que ayuda a garantizar los indicadores de calidad marcados por la regulación Colombiana. Medellín, 2001. p.13.

función consiste de un objeto, verbo y nivel de desempeño deseado por el usuario, por ejemplo, la función primaria de la bomba se detallaría como: “impulsar agua desde el tanque X al tanque Y a no menos de 800 litros por minuto”.

Cuando se hace la descripción de la función de un activo el nivel de desempeño es una variable muy importante a la hora de la formulación de la oración; por ello se debe definir un estándar mínimo de desempeño.

➤ **Estándar mínimo de funcionamiento:** La existencia de un activo está relacionado con una o varias funciones que se desean dicho activo realice. Es necesario, entonces, conocer cuándo el activo está realizando correctamente las funciones para las cuales éste fue diseñado. Una tendencia natural de las cosas es el deterioro debido a sobrecarga, fatiga y vejez; esto puede llevar un activo en correcto funcionamiento a la pérdida de sus capacidades y puede dejar de cumplir los requerimientos para los cuales fue diseñado. Entonces se hace de vital importancia definir un límite mínimo de deterioro; este límite se conoce como “estándar mínimo de funcionamiento”.

Los estándares de funcionamiento se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de trabajo que el usuario impone al activo.

1. Estándar de funcionamiento múltiple
2. Estándar de funcionamiento cuantitativo
3. Estándares cualitativos
4. Estándares absolutos
5. Estándares variables
6. Límite superior e inferior

La forma como el mantenimiento afecta estos activos debe garantizar el menor deterioro posible del activo. Así, un correcto mantenimiento debe prolongar el funcionamiento óptimo del activo.

El **margen de deterioro** define un rango específico en el cual se permite que un sistema opere a condiciones de trabajo más bajas que las establecidas por diseño, por ejemplo un equipo cuenta con la capacidad de producir cinco toneladas al día según su diseño, pero los parámetros de operación se establecen para producir solo cuatro toneladas, de tal manera que el rango de deterioro es de una tonelada, así la probabilidad de que el equipo responda a una producción de cuatro toneladas es más alta que para cinco.

Se debe tener en cuenta que los activos se diseñan para una capacidad inicial (que es la máxima) y el programa de mantenimiento ideal debe ser capaz de alcanzar esta capacidad mas no superarla; sin embargo, el mantenimiento RCM es apropiado para estar en el margen de deterioro, lo que debe garantizar que el activo es capaz de cumplir su función.

➤ **Contexto operacional:** El contexto operacional es mencionado directamente en la primera pregunta básica de la teoría de RCM, ya que es indispensable para poder formular la función del activo, por ejemplo, bombear lodo a un tanque a no menos de 900 litros por minuto; esto quiere decir que el contexto operacional es el bombeo de lodo y no de otro líquido, lo cual indica que el contexto operacional no es solo geográfico sino de la operación del activo.

➤ **Funciones Primarias:** Son las funciones que justifican la adquisición del equipo. Son las razones por la cual existe el activo, por lo que debemos definirla tan precisamente como sea posible.

➤ **Funciones Secundarias:** Lo que se espera del equipo, además de sus funciones primarias, suele atender a ciertas necesidades importantes que obedecen a la metodología escape.

- Seguridad e integridad estructural
- Control Contention Confort
- Apariencia
- Protección
- Eficiencia Economía
- Funciones Superfluas
- Ecología e integridad ambiental

METODOLOGIA:

- ¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
- ¿Qué ocasiona cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
- ¿De qué modo afecta cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

5.5.2 ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

- **Fallas:** Es necesario definir claramente qué es una falla y cuándo se puede considerar que el activo del análisis se encuentra en estado de falla. La característica principal de una falla es que el activo es incapaz de hacer lo que el usuario desea. No obstante, en el contexto del RCM, esta definición no es apropiada debido a que algunos activos están diseñados para realizar más de una función y es necesario identificar con precisión y detalle cuál función falló para tomar las decisiones pertinentes al mantenimiento. Esta necesidad conlleva a la definición de una falla funcional: Incapacidad de un activo físico para cumplir una función, según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario.

- **Tipos de fallas asociados a la función:** La falla total es un tipo de falla asociado a la falla funcional y se define como la pérdida total de la función para cual fue diseñado el activo; por otra parte, la falla parcial es una pérdida de parte de la función que se le atribuye al activo.

- **Limites superiores e inferiores:** Teniendo en cuenta que se definió el estándar mínimo de funcionamiento como el límite mínimo de deterioro aceptable por el usuario del activo, caer por debajo de este límite implica una falla funcional. Existe otro tipo de falla que está asociada a la capacidad máxima que el usuario espera del activo: esta capacidad se denomina límite superior y si se supera se entra en estado de falla funcional.

- **Contexto operativo:** El contexto operativo es un factor que se debe considerar ya que indica cómo y dónde está operando el activo para así poder establecer la prioridad e importancia que dicha falla implica para el proceso en general. También se tiene en cuenta qué personal interfiere directa o indirectamente en un activo, debido a que un modo de falla para un operario quizá no es igual de relevante que para alguien del servicio de mantenimiento; por ello se debe tener en cuenta quiénes interfieren en él, para así establecer las fallas funcionales.

- **Como se debe reportar una falla:** La metodología para reportar una falla se ilustra en la figura 10.

Figura 10. Pantalla de información de RCM

SISTEMA		TURBINA 5	
SUBSISTEMA		Mw. SISTEMA DE ESCAPE	
	<u>FUNCION</u>		<u>FALLA FUNCIONAL</u>
<u>1</u>	<u>Canalizar todos los gases de escape de la turbina de aire caliente sin restricción a un punto fijo de 10 metros sobre el techo de la antecámara de la turbina</u>	<u>A</u>	Incapaz de canalizar el gas
		<u>B</u>	Flujo de Gas restringido
<u>2</u>	<u>Reducir los niveles de ruido de escape a Nivel de Ruido ISO de 30 a 50 metros.</u>	<u>C</u>	Falla la contención de Gas.
<u>3</u>	<u>Asegurar que la temperatura de la superficie del conducto interno del hall de la turbina no excede los 60° C.</u>	<u>D</u>	Falla en transportar el gas a un punto de 10 metros sobre el techo
<u>4</u>	<u>Transmitir una señal de alarma al sistema de control de la turbina si la temperatura del gas de escape excede los 475 °C, y una señal de apagado si excede los 500° C a un punto de cuatro metros de la turbina.</u>	<u>A</u>	El nivel de Ruido excede el Nivel de Ruido ISO de 30 a 150 metros.
		<u>A</u>	La temperatura de la superficie del conducto excede los 60°
		<u>A</u>	Incapaz de enviar una señal de Alarma si la temperatura de escape excede los 500 ° C
<u>5</u>	<u>Permitir el movimiento libre del conducto en respuesta a los cambios de temperatura.</u>	<u>A</u>	No permite el movimiento libre del conducto.
		<u>A</u>	

Fuente: MOUBRAY, John Mitchell. Mantenimiento Centrado en confiabilidad II. 2ed. Madrid: Aladon Ltd. 2004. p 55.

5.5.3 ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

➤ **Modo de falla:** Al referirse a fallas en un activo en una serie de ellos se debe establecer y diferenciar qué es una falla funcional y un modo de falla, ya que tener claro estos conceptos facilita la implementación de la teoría AMFE. Un modo de falla podría tratarse del estado anterior a una falla funcional.

➤ **Categorías de modos de falla:** La teoría RCM define el mantenimiento así: “Asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga”. De esta definición se infiere que es necesario considerar cualquier tipo de modo de falla, no sólo el causado por el deterioro del equipo; debe considerarse el diseño del equipo, el contexto operacional, las fallas humanas, etc. La teoría sugiere clasificar los modos en tres grupos de la siguiente manera:

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.
- Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial.
- Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

➤ **Capacidad decreciente:**

- Deterioro
- Falla de lubricación
- Polvo o suciedad
- Desarme
- Errores humanos que reducen la capacidad

➤ **Aumento del funcionamiento deseado:**

- Una sobrecarga deliberada constante
- Una sobrecarga no intencional constante
- Una sobrecarga no intencional repentina
- Procesamiento o material de empaque incorrecto

➤ **Capacidad inicial:** La capacidad inicial de un activo es el rendimiento para el cual fue diseñado y es el máximo permisible al cual puede operar, por ejemplo para el caso del sistema de compresión de la planta de polietileno II, el compresor SC2253 está diseñado para operar a una presión de succión de hasta 6000 psig, y una presión de descarga de 30000 psig, sus capacidad nominal de flujo es de

77757 Libras por hora, estos valores no pueden ser violados ya que una vez se superan el equipo puede fallar.

5.5.4 ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?

La cuarta pregunta que se plantea bajo la teoría RCM se resuelve identificando los denominados efectos de falla.

➤ **Efectos de falla:** “Los efectos de falla describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla”. Usualmente los efectos de falla se manifiestan de muchas formas, y se clasifican como se muestra a continuación:

- Que evidencias hay de que la falla sucedió
- En qué medida representa una amenaza para la seguridad o el medioambiente
- De qué manera afecta la producción u operaciones
- Que daño físico es causado por la falla
- Que debe hacerse para repararla

➤ **Nivel de análisis y efectos de falla:** El nivel de análisis y efectos de falla hacen referencia al grado de profundidad que se aplica en el análisis AMFE. Es importante considerar este nivel de análisis, ya que un estudio muy profundo puede llevar gran consumo de tiempo y recursos que pueden ser mejor utilizados en los procesos en los cuales está contenido el activo bajo observación, y un estudio demasiado superficial puede dejar un modo de falla potencial sin identificar, lo cual es un riesgo que no se debe tomar.

➤ **Nivel bajo:** Cuando se hace RCM lo más común es realizar el análisis a un nivel muy bajo en la jerarquía del equipo. Por ello cuando se hace esto se pueden presentar las siguientes situaciones:

- Cuanto más abajo se progresa en la jerarquía, más difícil es conceptualizar y definir niveles de desempeño.
- A un nivel bajo, se vuelve equitativamente difícil visualizar, y por lo tanto analizar las consecuencias de las fallas.
- Cuanto más bajo es el nivel de análisis, más difícil se vuelve decidir que componentes pertenecen a cada sistema.
- Algunos modos de falla pueden causar que muchos subsistemas dejen de funcionar simultáneamente.
- Los circuitos cerrados de control y protección son muy difíciles de tratar a un nivel bajo.
- Se debe elevar una nueva planilla por cada subsistema. Esto lleva a la generación de grandes cantidades de papeleo o archivos muy grandes.

➤ **Nivel de arriba:** En contraparte con empezar de un nivel bajo se presenta empezar desde arriba, lo cual también presenta algunas situaciones:

- Las funciones y expectativas de desempeño son mucho más fáciles de definir.
- Las consecuencias de las fallas son más fáciles de evaluar.
- Es más fácil identificar y analizar circuitos cerrados y de control como un todo.
- Hay menos repetición de funciones y modos de fallas.
- No es necesario elevar una nueva planilla de información

➤ **Nivel intermedio:** Dicho lo anterior se debe tener en cuenta que los extremos pueden presentar problemas a la hora de hacer un análisis RCM, lo que conlleva a la siguiente cuestión: ¿desde dónde se debe empezar el análisis RCM?

Se ha observado que el nivel superior generalmente abarca demasiados modos de falla por función para permitir un análisis sensible. Sin embargo, aun así se

hace necesario identificar las principales funciones de un activo o sistema en el nivel más alto, para proveer una estructura estratégica para el resto del análisis.

Por otro lado, se ha visto que la inclinación inicial es la de comenzar desde muy abajo en la jerarquía del activo. Por esta razón, una buena regla general (especialmente para personas nuevas en RCM) es realizar el análisis a uno o inclusive dos niveles más arriba del que parezca sensato. Esto es porque siempre es más sencillo descomponer subsistemas complejos desde un nivel superior, que tratar de elevarse, cuando ya se ha comenzado muy abajo.

5.5.5 ¿En qué sentido es importante cada falla?

Una falla es importante en la medida en que afecte la producción o la actividad económica en general; por ello se debe definir la gravedad de las fallas para saber quién evalúa los riesgos de éstas o las consecuencias que puede traer para nuestro proceso.

5.5.6 ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?

Para predecir o prevenir una falla se debe tener en cuenta el concepto de tarea proactiva y si ésta es técnicamente viable para poder “prevenir o predecir”; en consecuencia, se plantea que una tarea es técnicamente viable si tiene la posibilidad física de reducir o permitir que la acción seleccionada disminuya las consecuencias del modo de falla asociado a un grado que sea aceptable para el propietario o usuario del activo. Teniendo esto claro se plantean dos aspectos que dominan la selección de tareas proactivas:

- La relación entre la edad del ítem bajo consideración y cuáles son sus posibilidades de fallar.
- Qué sucede una vez que la falla comenzó a manifestarse.

Tareas de mantenimiento

✓ Tareas proactivas

- Tareas de sustitución cíclica
- Tareas de reacondicionamiento cíclico

✓ Tareas a falta de

- Búsqueda de falla
- Rediseño
- Tarea correctiva

- **Tareas proactivas:** Son tareas que se efectúan antes de que ocurra la falla, con el objetivo de prevenir que el componente llegue a un estado de falla.
- **Acciones a falta de:** Éstas tratan del estado de falla y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva.
- **Tareas de reacondicionamiento cíclico:** Consisten en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición actual.
- **Tareas de sustitución cíclica:** Consisten en descartar un elemento o componente antes o en el límite de edad definido independientemente de su condición en ese momento.

5.5.7 ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

En caso de no encontrar una tarea proactiva adecuada es necesario ejecutar acciones a falta de (éstas implican la búsqueda de fallas) rediseño y tareas correctivas. El ingeniero de mantenimiento será el encargado de tomar las decisiones pertinentes en caso de.

5.6 INDICADORES DE MANTENIMIENTO.

Los indicadores de mantenimiento son valores importantes que se deben tener en cuenta para cuando se implementa el proceso de RCM, ya que permiten ver el histórico del estado de nuestros equipos, además de proporcionar una información fácil de entender acerca de cómo se está ejecutando el servicio de mantenimiento.

5.6.1 MTBF: El tiempo medio entre fallos (MTBF) es el tiempo transcurrido entre averías predicho inherente de un sistema durante la operación. MTBF puede ser calculado como la media aritmética (promedio) del tiempo medio entre fallos de un sistema. El MTBF es típicamente parte de un modelo que supone que el sistema no se repara inmediatamente (tiempo medio de reparación o MTTR media), como parte de un proceso de renovación. Esto es un contraste con el tiempo medio hasta el fallo (MTTF) que mide el tiempo promedio de fallos con la suposición de que el sistema de modelado fallado no es reparado (tiempo de reparación infinita).

La definición de MTBF depende de la definición de lo que se considera una falla del sistema. Para los sistemas complejos reparables, los fracasos se consideran aquellos fuera de las condiciones de diseño que colocan el sistema fuera de servicio y en un estado de reparación.

Calculo del MTBF

$$MTBF = \frac{TTO}{N^{\circ}.F}$$

Dónde:

- *TTO* es tiempo total de operación en el periodo
- *Nº.F* es el número de fallas

5.6.2 MTTR: Tiempo medio de recuperación (MTTR) es el tiempo promedio que un dispositivo se tardará en recuperarse de cualquier fallo. Ejemplos de tales dispositivos: se extienden de fusibles de reposición automática (en el que el tiempo medio de reparación sería muy corto, probablemente segundos) hasta sistemas enteros que tienen que ser reparados o reemplazados.

Incluye tiempo para analizar y diagnosticar la falla, tiempo para conseguir la refacción, tiempo de planeación, etc. Es una medición de la mantenibilidad de un equipo y también es el intervalo de tiempo obtenido dividiendo el tiempo total de las reparaciones entre el número total de fallas en un sistema.

$$MTTR = \frac{TDF}{N^{\circ}F}$$

Dónde:

- TDF es el tiempo que dura en falla el ítem.
- $N^{\circ}.F$ es el número de fallas

5.6.3 Confiabilidad y Disponibilidad: La confiabilidad es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado (arriba) para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado.

Es decir, cuando se habla de confiabilidad el componente trabaja continuamente durante un periodo de tiempo dado; en otras palabras: la función del componente no se interrumpe, el componente se pone en operación (arriba) y se mantiene arriba. Por otra parte, cuando se habla de disponibilidad el componente es puesto arriba en un instante dado y no importa lo que pase después, la función del componente puede ser interrumpida sin ningún problema. Se describirán ahora las ecuaciones matemáticas que se utilizan en el ámbito operacional para el cálculo de estos dos parámetros, en función de los tiempos de mantenimiento:

La confiabilidad operacional C_o

$$C_o = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

La disponibilidad Operacional D_o

$$D_o = \frac{MUT}{MUT + MTTR}$$

Dónde:

MTBF: Es el tiempo promedio entre fallas

MTTR: Es el tiempo promedio para reparar

MUT: es tiempo promedio en operación (arriba) o tiempo promedio para fallar (MTTF)

$$MUT = \frac{MT}{N^{\circ}.F}$$

Dónde:

MT: Es el número de horas de operación del ítem sin fallas.

- $N^{\circ}.F$ es el número de fallas
-

5.6.4 Mantenibilidad: Es definida por la ISO/DIS 14224, como la capacidad (o probabilidad si se habla en términos estadísticos), bajo condiciones dadas, que tiene un activo o componente de ser mantenido o restaurado en un periodo de tiempo dado a un estado donde sea capaz de realizar su función original nuevamente, cuando el mantenimiento ha sido realizado bajo condiciones prescritas, con procedimientos y medios adecuados. Esto quiere decir, que si un componente tiene un 95% de mantenibilidad en una hora, entonces habrá 95% de probabilidad de que ese componente sea reparado exitosamente en una hora.

La ecuación clásica de la Mantenibilidad es:

$$M_0 = 1 - e^{-(\mu * TTO)}$$

Dónde, TTO es tiempo total de operación en el periodo.

Cuando μ o rata de reparación es constante.

El MTTR (Mean Time To Repair) es el tiempo promedio para reparar un componente cuando este falla, es parte del tiempo promedio arriba o en servicio (MDT) y es un indicador directo de la Mantenibilidad.

Se puede definir la rata de reparación (μ) en función del MTTR como:

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

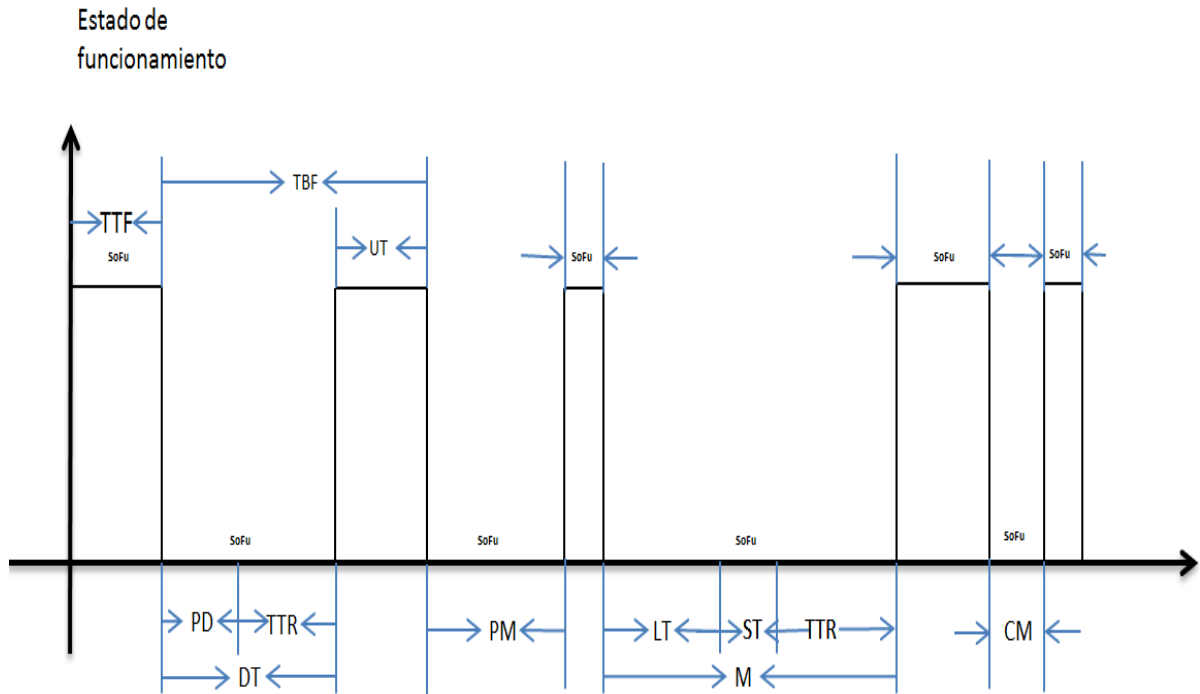
La rata de reparación es un parámetro el cual permite evaluar la probabilidad que tiene un componente a ser reparado y juega un papel exactamente similar a la rata de falla ($\lambda = 1/MTBF$) para el cálculo de la confiabilidad.

Se puede decir entonces que la Mantenibilidad está inversamente relacionada con la duración y el esfuerzo requerido para realizar las actividades de Mantenimiento. Puede ser asociada de manera inversa con el tiempo que se toma en lograr acometer las acciones de mantenimiento en relación con la obtención del comportamiento deseable de un componente.

Existen dos tipos de Mantenibilidad: la intrínseca, que está relacionada al aspecto de diseño de una instalación y que hace una consideración sobre como las características de diseño ayudan al mantenimiento de un componente (accesibilidad y facilidades para el mantenimiento) y la extrínseca, que considera el contexto de dependencia de la gestión de mantenimiento cuando se repara un componente (logística, organización de las tareas, aislamiento, entrega de los equipos etc.), estas dos diferenciaciones deben considerarse al analizar los factores que afectan a la Mantenibilidad.

5.7 DISPONIBILIDAD¹².

Figura 11. Tiempos importantes, siglas y demás convecciones que se usan en la medición y predicción CMD.



Fuente: Mora Gutiérrez, Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control.

Bogotá: Alfaomega Grupo Editor S.A. p 70.

Dónde:

- TTF = Time to Failure = Tiempo hasta fallar (se usa en equipos que solo fallan una vez, no reparables).
- TMBF = Time Between Failures = Tiempo medio entre fallas.
- UT = Up Time = Tiempo útil en el que equipo funciona correctamente.
- DT = Down Time = Tiempo no operativo.
- F_t = Falla i-ésima.

¹² **MORA GUTIERREZ, Alberto.** Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Bogotá: Alfaomega Grupo Editor S.A. 2009. p 67-94.

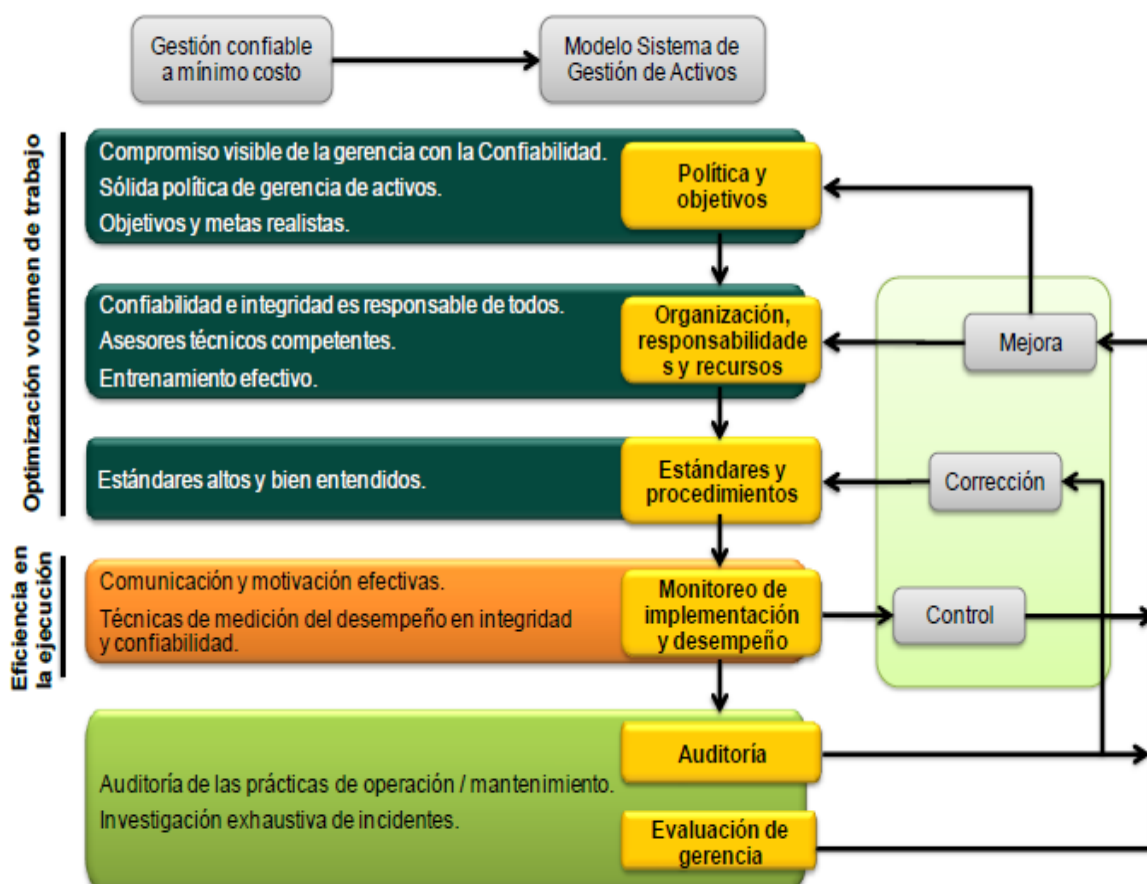
- TTR = Time to Repair = Tiempo que demora la reparación.
- CM = Corrective Maintenance = Tiempo que demora la reparación correctiva o modificativa.
- PM = Planned Maintenance = Mantenimientos planeados (preventivo y/o predictivo), Moubray los denomina Tareas Proactivas.
- LT = Logistical Times = Tiempos logísticos o administrativos (incluye MD (Maintenance Delays) demoras y retrasos de mantenimiento)
- ST = Supplies Times = Tiempos de suministros de repuestos, insumos o de recursos humanos.
- NTTR = Net Time To Repair = Tiempo Neto para la reparación, no incluye ni demoras, ni tiempos logísticos, ni tiempos de suministros, ni otros tiempos exógenos que impiden la reparación.
- PD = Production Delays = Retrasos en producción para informar y notificar a mantenimiento de la no funcionabilidad del equipo o sistema, o demoras en la producción por causas imputables a ella (falta de materias primas, falta de personal, etc.).

La disponibilidad es una consideración importante en sistemas relativamente complejos, como plantas de energía, plantas químicas y estaciones de radar. En dichos sistemas, una confiabilidad alta no es suficiente, por si misma, para asegurar que el sistema esté disponible para cuando se necesite.

También es una medida relevante y útil en los casos en que el usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas. Para tomar una decisión objetiva con respecto a la adquisición del nuevo equipo, es necesario utilizar información que abarque todas las nuevas características relacionadas, entre ellas la disponibilidad, que es una medida que suministra una imagen completa sobre el perfil de funcionabilidad.

6. POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO EN ECOPETROL S.A

Figura 12. Modelo de gestión de activos de ECOPETROL S.A



Fuente: ECOPETROL S.A.

En la GRB de ECOPETROL S.A la gestión de activos¹³ industriales tiene como objetivo gestionar el ciclo de vida de los activos desde la perspectiva de la confiabilidad operacional, la administración rentable y la gestión del riesgo, para lograr estos objetivos la empresa propone el seguimiento de unos procedimientos estandarizados descritos a continuación:

¹³ LIBRO DE LAS MEJORES PRÁCTICAS DE LA GRB subsección GESTIÓN DE ACTIVOS INDUSTRIALES ECOPETROL S.A. (Todos los derechos reservados para ECOPETROL S.A), autor: Luisa Jimena Silva Plata, fecha: Septiembre de 2013.

6.1 PRÁCTICA FUNDAMENTAL DE GESTIÓN DE RIESGO – LA MATRIZ DE EVALUACIÓN DEL RIESGO (RAM)

La matriz de evaluación de riesgos (RAM), es una herramienta cualitativa para la valoración y clasificación de amenazas que genera un proceso, una actividad o labor a la salud, la seguridad, el medio ambiente, la relación con los clientes y los bienes e imagen de la empresa.

La matriz define fundamentalmente un riesgo mediante sus consecuencias y la probabilidad de que ocurra, y enmarca todos los riesgos en diferentes tipos y consecuencias; de esta manera permite valorar cualitativamente la severidad del riesgo de un evento.

Para determinar el nivel de las consecuencias se utiliza una escala que va desde el 0 hasta el 5, para evaluar la probabilidad se usa una escala que va desde la A hasta la E, ver figura 13.

Figura 13. Matriz RAM

						DIRECCIÓN DE RESPONSABILIDAD INTEGRAL					ECP-DRI-F-045			
						MATRIZ DE VALORACIÓN DE RIESGOS - RAM					ACT: 2		1/1	
											31 de Marzo de 2008			
Para mayor información sobre el uso y manejo de este formato consulte instructivo ECP-DRI-I-007														
CONSECUENCIAS						PROBABILIDAD								
Personas	Economica	Ambiental	Clientes	Imagen de la Empresa		A No ha ocurrido en la Industria	B Ha ocurrido en la Industria	C Ha ocurrido en la Empresa	D Sucede varias veces al año en la Empresa	E Sucede varias veces al año en la Unidad Superintendencia o Departamento				
Una o mas fatalidades	Catastrofica > \$10M	Contaminación Irreparable	Veto como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	VH				
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Contaminación Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L	M	M	H	H				
Incapacidad temporal (>1 día)	Severo \$100k a \$1M	Contaminación Localizada	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N	L	M	M	H				
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10k a \$100k	Efecto Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N	N	L	L	M				
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal <\$10k	Efecto Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N	N	N	L	L				
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N				

Fuente: ECOPETROL S.A.

El análisis particular para cada evento se hace basado en la experiencia e investigación de sucesos ya ocurridos, y mediante la evaluación de las consecuencias, dado este estudio se procede a ingresar los datos en la matriz y a relacionar las filas (consecuencias) y las columnas (probabilidad), de dicha relación la matriz entrega una valoración cualitativa definida como:

- LOW: Bajo riesgo
- MEDIUM: Riesgo medio
- HIGH: Alto riesgo
- VERY HIGH: Riesgo muy alto

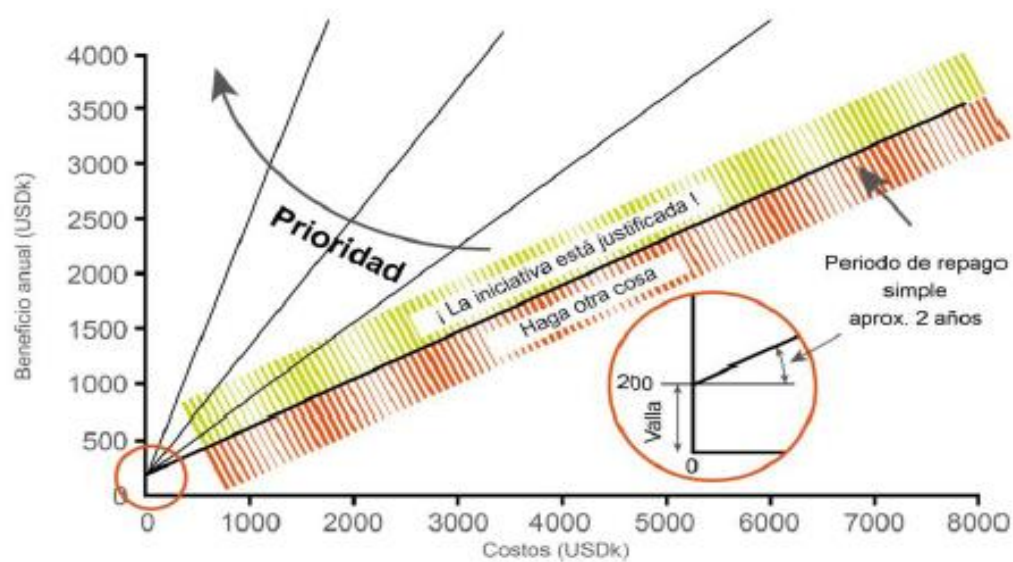
La matriz de valoración de riesgos (RAM) es una herramienta muy utilizada en los diferentes procesos de gestión de activos por ejemplo:

- Se usa para la clasificación de eventos para el proceso de eliminación de defectos.
- Clasificación de un trabajo a ejecutar en procesos de operación y planeación de mantenimiento.
- Clasificación temprana de proyectos de incorporación de activos.
- Clasificación de criticidad de equipos
- Selección de estrategias costo efectivas para asegurar la confiabilidad e integridad de los activos.

6.2 GESTIÓN DE INICIATIVAS- COEFICIENTE DE VALLA

El coeficiente de valla (J) es un factor que representa la relación beneficio/costo de una actividad o proyecto a desarrollar, permite la aprobación y clasificación de iniciativas que mejoran el desempeño del negocio, mediante la medida de la viabilidad económica y organización por prioridad las la iniciativas aceptadas a realizar (ver figura 14).

Figura 14. Tasa de valla o Factor J

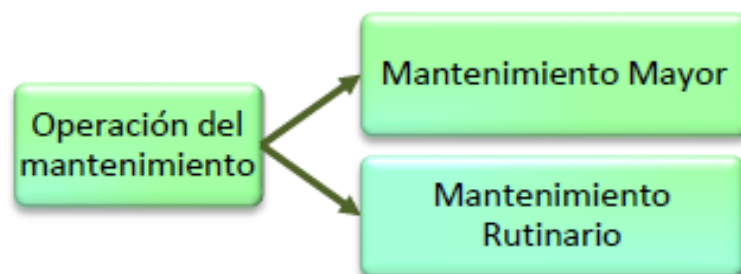


Fuente: ECOPETROL S.A.

6.3 GESTIÓN DE OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO

En la GRB de ECOPETROL S.A la gestión de operación del mantenimiento se compone según muestra la figura 15:

Figura 15. Gestión de operación del mantenimiento



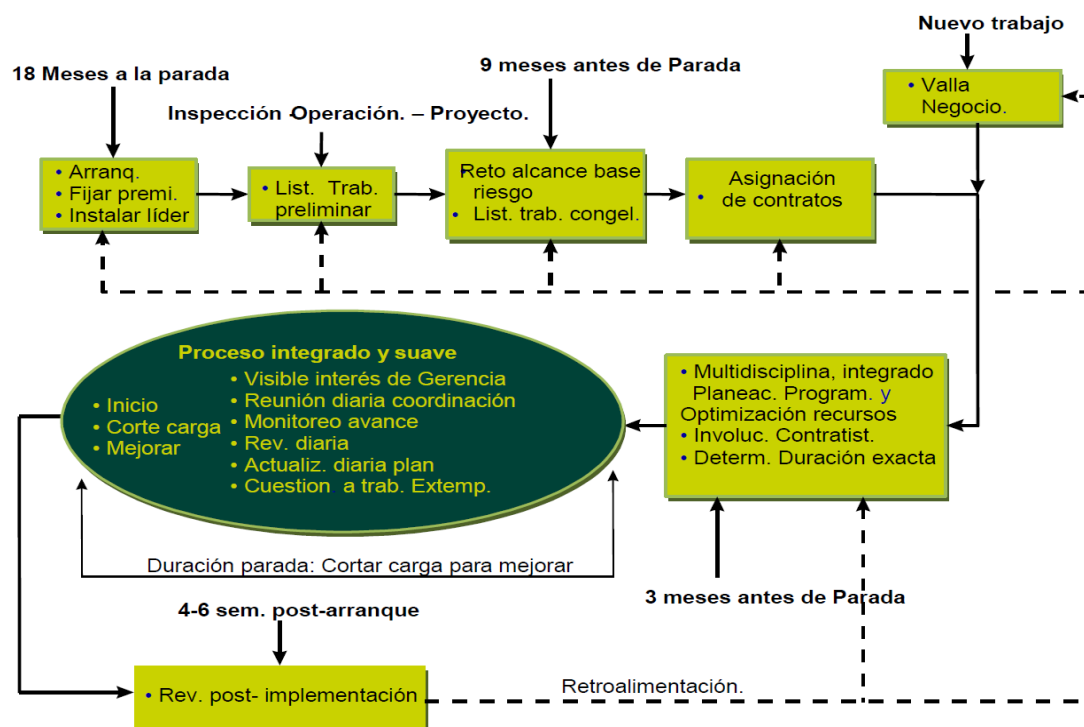
Fuente: ECOPETROL S.A.

Mantenimiento mayor (Paradas de planta): Este proceso se desarrolla gracias a un conjunto de elementos o practicas descritas a continuación:

- **Comité de decisión para cada parada de planta:** Está conformado por gerentes y jefes de departamento quienes discuten los aspectos más importantes de la planeación a largo plazo, y durante la parada de planta se reúnen diariamente para el seguimiento continuo y para solucionar problemas de alto nivel
- **Corridas de desempeño de las unidades de proceso:** Se realiza por el grupo de ingeniería el cual debe evaluar las limitaciones de capacidad de la unidad y los equipos, sometiéndolos a la máxima capacidad dentro de ventanas operativas. Se realizan dos corridas: una de verificación para ajustar el alcance de cada equipo y otra de aceptación realizada después de la parada de planta para evaluar la mejora obtenida.
- **Taller de cuestionamiento del alcance:** Es un escenario de cuestionamiento para que los ingenieros de confiabilidad defiendan con argumentos cada una de las actividades a realizar en la parada de planta, mientras que un grupo decisor constituido por coordinadores generales y planeadores mayores cuestiona la relación costo-beneficio para definir si el trabajo debe realizarse durante la parada de planta.
- **Taller de Fat-Rat:** El objetivo de este taller es identificar la ruta crítica de la parada de planta o también denominada rata gorda o Fat-Rat y optimizar los trabajos de la misma, mediante la planeación con los más específicos detalles y una exhaustiva evaluación de riesgos.
- **Gestión de los trabajos emergentes:** Una vez definido el alcance del mantenimiento en la parada de planta, los ingenieros de soporte tienen la

posibilidad de justificar la inclusión de trabajos no planificados inicialmente, sin embargo se debe evitar que los trabajos emergentes constituyan un porcentaje alto del trabajo.

Figura 16. Proceso de gestión de paradas de planta



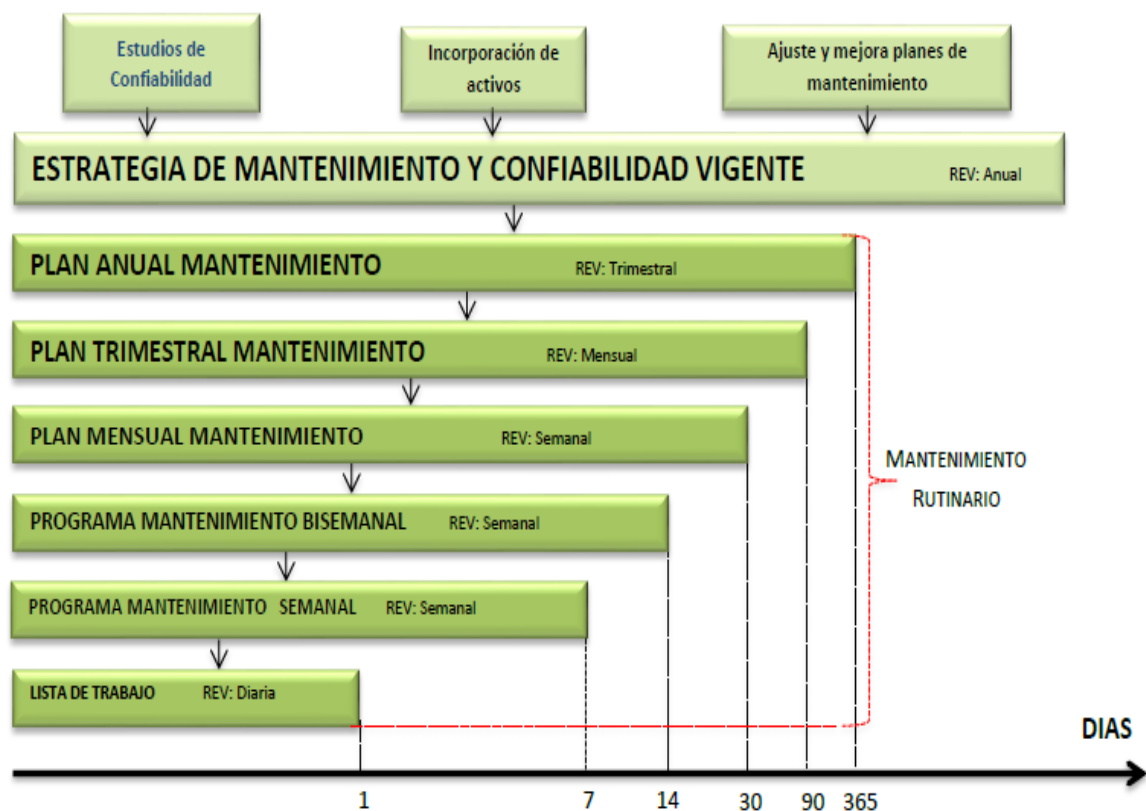
Fuente: ECOPETROL S.A.

6.3.2 Mantenimiento rutinario: El proceso de mantenimiento rutinario reúne las acciones técnicas, administrativas, de ejecución, cierre y evaluación, necesarias para mantener los componentes de los activos industriales o restaurarlos y repararlos para llevarlos a un estado en el cual pueda realizar la función para la cual fue diseñado, garantizando adecuados niveles de seguridad, confiabilidad y disponibilidad a un costo óptimo mediante la ejecución de actividades preventivas definidas a través de estudios de mantenimiento y confiabilidad (RCM: Reliability Centered Maintenance (Mantenimiento centrado en la confiabilidad), RBI: Risk

Based Inspection (Inspección basada en riesgos), IPF: Instrument Protective Function (Función de protección instrumentada), RCA: Root Cause Analysis (Análisis de causa raíz) y labores correctivas identificadas y ejecutadas con eficiencia, eficacia, efectividad y seguridad.

El mantenimiento rutinario se ejecuta a través de la planeación de estrategias de mantenimiento y confiabilidad estructuradas según lo muestra la figura 17.

Figura 17. Estructura de los planes y programas de mantenimiento GRB



Fuente: ECOPETROL S.A.

El proceso del mantenimiento rutinario se compone por 9 etapas mostradas en la tabla 3.

Tabla 3. Elementos claves del proceso de Mantenimiento Rutinario de ECOPETROL S.A.

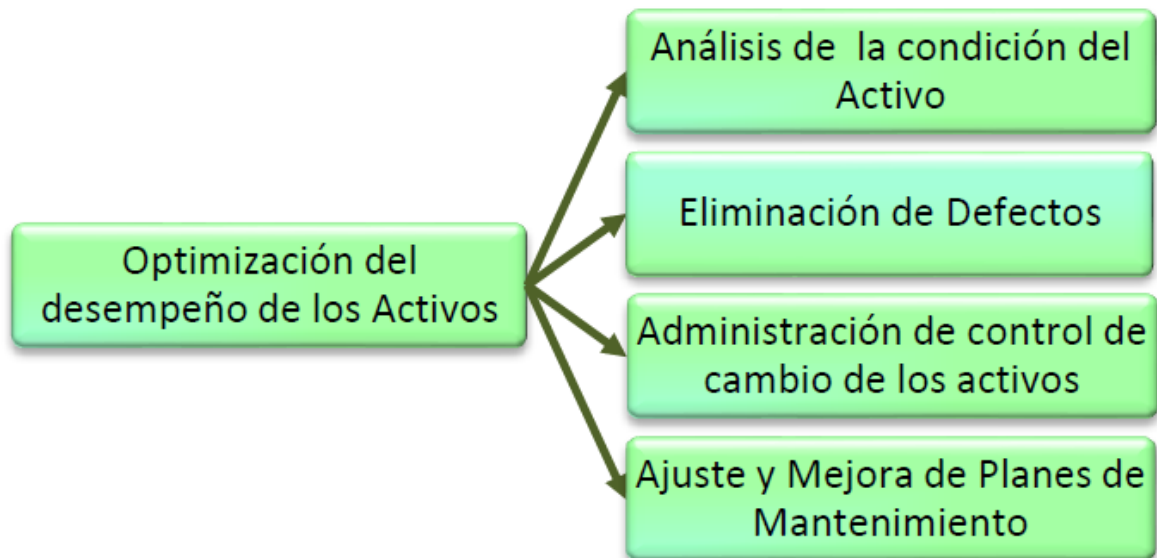
	ETAPA	GRUPO	ELEMENTO CLAVE
MANTENIMIENTO RUTINARIO	1. Generar solicitud de trabajo	Identificación y diagnóstico	Valoración de riesgo de la solicitud con la RAM Solicitud de trabajo Recomendación técnica
	2. Generar diagnóstico de la solicitud de trabajo		
	3. Generar orden de trabajo de mantenimiento	Aceptación	Aceptación Orden de trabajo
	4. Planear la orden de trabajo de mantenimiento	Planeación y programación	Estándares de trabajo Paquete de trabajo de ejecución completo Priorizar Programa de mantenimiento del periodo
	5. Programar la orden de trabajo de mantenimiento		
	6. Alistar el programa de mantenimiento	Ejecución de la actividad de mantenimiento	Valoración del riesgo de ejecución con la RAM Procedimientos Protocolos de aceptación
	7. Ejecutar el programa de mantenimiento		
	8. Cerrar trabajos de mantenimiento	Evaluación	
	9. Evaluar mantenimiento rutinario		

Fuente: ECOPETROL S.A.

6.4 OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS ACTIVOS

El proceso de optimización de los activos busca mejorar el funcionamiento de los equipos mediante la mejora y actualización de subsistemas para incrementar la eficiencia de desempeño, este proceso se compone de diferentes etapas como lo muestra la figura 18.

Figura 18. Optimización del desempeño de los activos



Fuente: ECOPETROL S.A.

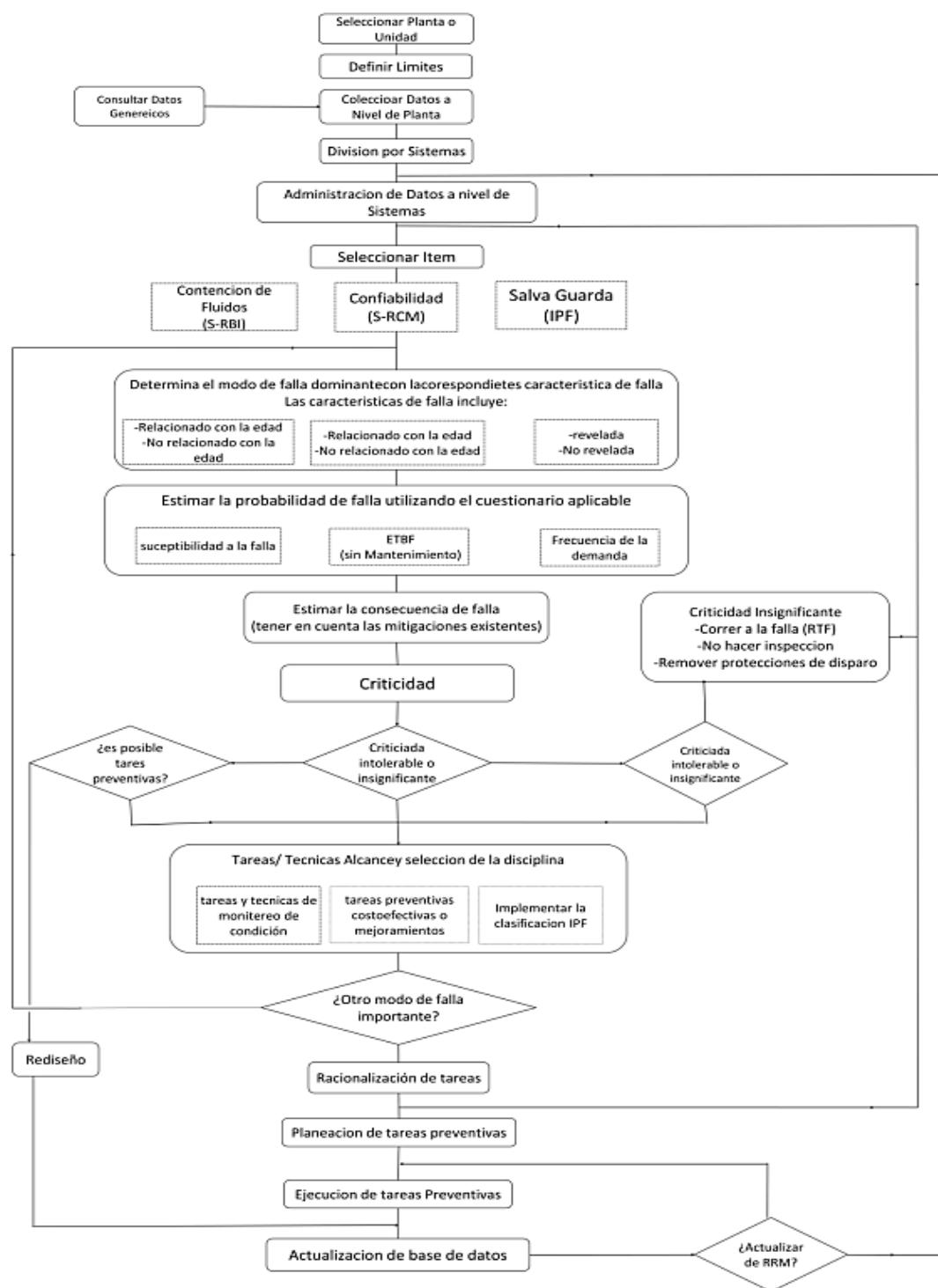
6.4.1 Análisis de la condición del activo: En esta etapa se diagnóstica el estado actual del equipo mediante técnicas de monitoreo y acciones predictivas que permiten establecer las condiciones reales de funcionamiento del activo y sustentar técnicamente su optimización.

Para verificar el estado de un activo ECOPETROL S.A. cuenta con diferentes herramientas entre las más importantes están:

- Ventanas operativas: Son rangos de operación dentro de los cuales se considera estable un proceso se utilizan para dar seguimiento a variables que pueden afectar la seguridad, la integridad, la funcionalidad y la confiabilidad de un proceso dado.
- Análisis RBI (Risk Based Inspection): Permite la consulta de bases de datos para identificar los mecanismos de daño y los planes de inspección de los equipos.
- Análisis RCM (Reliability Centered Maintenance): Se usa para identificar los modos de falla y los planes de mantenimiento a seguir.
- Análisis de falla: Se verifican fallas ya analizadas en el proceso de eliminación de defectos para implementar las tareas propuestas.
- Reportes de operadores y mantenedores: Son realizados en el ejercicio del cuidado básico.

A continuación en la figura 19 se muestra un diagrama de flujo que esquematiza el funcionamiento básico de las metodologías de definición de estrategias de confiabilidad.

Figura 19. Metodologías para la definición de estrategias de confiabilidad



Fuente: ECOPETROL S.A.

6.4.2 Eliminación de defectos: El análisis de eliminación de defectos busca identificar la causa raíz de una falla individual y repetitiva y sus posibles causas para posteriormente emitir recomendaciones que permitan repararla, para llevar a cabo este proceso se sigue la metodología mostrada en la figura 20.

Figura 20. Descripción general de las etapas del proceso de eliminación de defectos (PED)



Fuente: ECOPETROL S.A.

La principal herramienta utilizada en el proceso de eliminación de defectos es el RCA (Root Cause Analysis: Análisis de causa raíz) el cual busca detectar la causa raíz de un evento de falla repetitiva en un equipo o proceso, y de esta manera definir las soluciones posibles mediante una recomendación de ingeniería.

El proceso de análisis RCA se especificará adecuadamente en el desarrollo de la estrategia de mantenimiento desarrollada en este proyecto de grado.

6.4.3 División del mantenimiento por especialidades: ECOPETROL S.A subdivide el mantenimiento en general en cuatro especialidades que se encargan de mantener en servicio seguro y limpio todos los equipos de la empresa:

- Equipo rotativo: Es todo aquel equipo que contiene partes en movimiento por ejemplo: Compresores reciprocantes, bombas centrifugas, reactores, sopladores, extrusores, separadores, bombas de desplazamiento positivo, compresores de lóbulos, ventiladores, mezcladores, agitadores etc.
- Equipo estático: Dentro de este grupo se encuentran los equipos que no necesitan partes móviles para funcionar, la mayoría de sistemas térmicos se pueden catalogar en este tipo, ejemplo: Calderas, teas, intercambiadores de calor de casco y tubos, tanques, tambores, tuberías, válvulas, hornos etc.
- Equipo eléctrico: En este grupo se clasifican todos los sistemas de alimentación eléctrica, controles eléctricos, protecciones, contactores de arranque, mantenimiento eléctrico de motores (estatores, rotores, excitatrices) etc.
- Instrumentos: este grupo abarca todos los instrumentos instalados en campo para el monitoreo y control de los procesos y los equipos, por ejemplo: sensores de presión, sensores de temperatura, sensores de humedad, flujómetros digitales, cromatógrafos, sensores de nivel, peachímetros etc.

7. EL INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL

Una de las partes indispensables del seguimiento de una filosofía de mantenimiento centrada en la confiabilidad es la definición de indicadores que permitan el control de los procesos y de sus equipos, estos indicadores muestran el desempeño de una planta en un tiempo determinado, y su control se da a través de la definición de metas propuestas con las que se busca mantener un mejoramiento continuo.

Para el caso específico del mantenimiento de equipo rotativo en ECOPETROL S.A hay definidos fundamentalmente los siguientes indicadores: TMEF (Tiempo medio entre fallas), TMEM (Tiempo medio entre mantenimientos), IDO (Indicador de disponibilidad operacional), DPNP (Días de parada no programada), TFTER (Tasa total de falla equipo rotativo) y porcentaje de equipos Rotativos Sanos.

El objetivo principal de este proyecto de grado es el de aumentar la disponibilidad operacional de la plantas del departamento de petroquímica y ésta es medida mediante el indicador de disponibilidad operacional por tanto se dará énfasis solo en este indicador.

7.1 CÁLCULO DE INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL

El indicador de disponibilidad operacional es un factor que muestra en porcentaje la cantidad de tiempo en la cual una planta sostuvo su producción dado un periodo de tiempo, con este indicador se busca controlar la continuidad de la producción.

Este indicador tiene en cuenta todos los días en los cuales se pararon la plantas sea por mantenimientos programados, paradas generales de reparación de planta y shutdowns o paradas por fallas inesperadas, a continuación en la ecuación 1 se muestra la fórmula que permite el cálculo de este indicador.

Ecuación 1. Cálculo indicador de disponibilidad operacional

$$\frac{\text{Tiempo a analizar} - \text{DPNP} - \text{PP} - \text{TAC}}{\text{Tiempo a analizar}}$$

DPNP: (Días de parada no programada) Días en los cuales hubo paradas inesperadas por la falla de equipos.

PP: (Paradas planeadas) Días en los que se para la planta por propósitos de mantenimientos programados o eventualidades de la operación tales como cambios en materias primas o cambios en cargas etc.

TAC: (Turn around cycle) Porción de días de una parada programada para mantenimiento general y reparación total de la planta correspondiente a la cantidad de tiempo para el cual se va a calcular el indicador de disponibilidad operacional, en ECOPETROL S.A esta parada se programa cada seis años.

El cálculo del indicador de disponibilidad operacional para cada unidad de producción se realiza según la ecuación 1. Para la estimación del indicador para el departamento se lleva a cabo una ponderación según el peso de cada planta, este peso se representa mediante el factor EDC (Equivalent Distillation Capacity: Capacidad de destilación equivalente) el cual es un valor sin unidad que representa el peso que tiene esta unidad para la refinería independientemente del producto que produzca, este factor es el resultado de un análisis denominado estudio SOLOMON, el cual realizó una comparación relativa (mas no absoluta) de la capacidad de producción de la refinería Barrancabermeja con las refinerías más grandes y eficientes del mundo, teniendo en cuenta aspectos como la capacidad instalada vs la producción, el consumo energético, la eficiencia de los procesos, la seguridad de los procesos, la relevancia del producto producido etc. A continuación se muestran los factores de ponderación EDC para las unidades del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A.

Tabla 4. Factor de ponderación EDC (Estudio SOLOMON)

UNIDAD	PONDERACIÓN SOLOMON (EDC)
U1300 PLATFORMING	9500
U1300 PREFRACCIONAMIENTO	16550
U1300 UNIFINING	9600
U1400 SULFOLANE	4737
U1500 FRACCIONAMIENTO	3050
U1600 HYDEAL	1050
U1700 HYDRAR	527
U2200 POLIETILENO I	11700
U2250 POLIETILENO II	23400
TOTAL	80114

Fuente: Los autores

Como se puede observar en la tabla 4, las unidades que más impactan (según la ponderación SOLOMON) la disponibilidad del departamento de petroquímica son la U1300 prefraccionamiento y la U2250 polietileno II.

7.2 EL INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE PETROQUÍMICA CALCULADO PARA LOS ÚLTIMOS 8 AÑOS.

A continuación en las tabla 5 y 6 se muestra el cálculo del indicador de disponibilidad operacional realizado para los últimos 8 años, analizándolo en el periodo total por especialidad y anualmente, la evaluación de este indicador se realizó mediante el análisis de los datos históricos descargados de la aplicación online de ECOPETROL S.A llamada RIS, de allí se extrajeron los datos correspondientes a los días de paradas tanto programada como no programada y se realizó el cálculo para cada unidad de las plantas del departamento de petroquímica teniendo en cuenta el tipo de sistema o equipo que genere la falla, y finalmente mediante un promedio de los indicadores de cada unidad se obtiene la disponibilidad operacional del departamento en general. Para el cálculo anual del indicador se filtró la información obtenida por fecha de tal forma que el inicio de

cada año se tomó cada 22 de septiembre, se realizó una suma del total de días de parada de cada planta por año y se calculó así el indicador de disponibilidad operacional.

Tabla 5. Cálculo del indicador de disponibilidad operacional departamento de petroquímica GRB ECOPETROL S.A. para los últimos 8 años

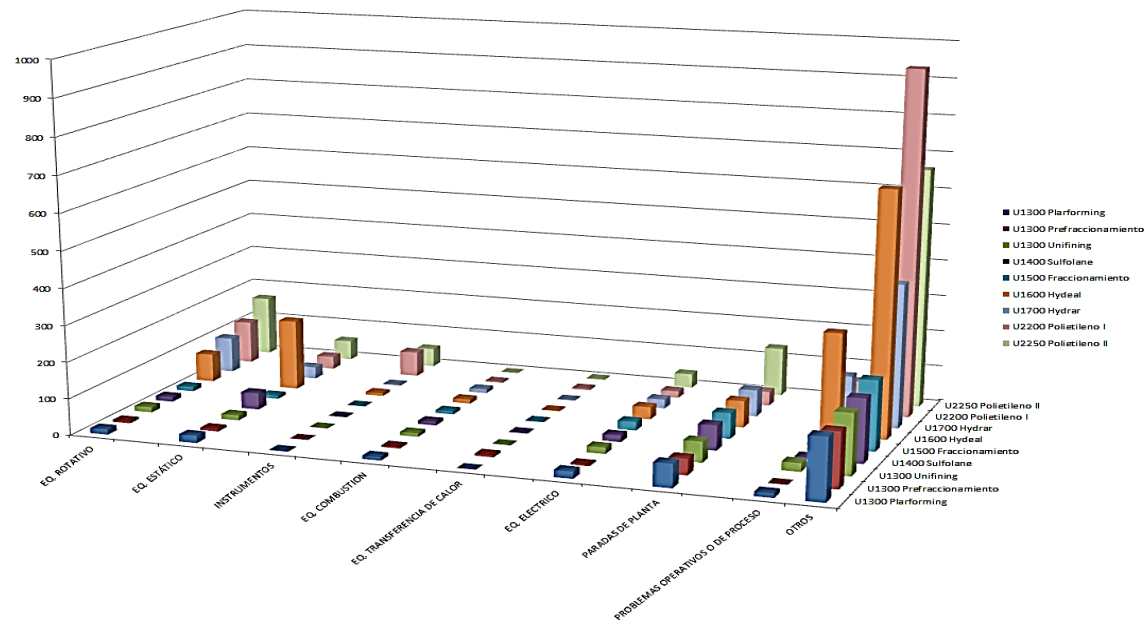
UNIDAD	Días de análisis totales	EQ. ROTATIVO	EQ. ESTÁTICO	INSTRUMENTOS	EQ. COMBUSTION	EQ. TRANSFERENCIA DE CALOR	EQ. ELECTRICO	PARADAS DE PLANTA	PROBLEMAS OPERATIVOS O DE PROCESO	OTROS	Días de parada TOTALES	INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL (8 AÑOS)
U1300 Parforming	2920	14.36	20.05	1.8	9.29	0	19.08	64	11.49	169.62	309.69	89.39
U1300 Prefraccionamiento	2920	6	7	0.08	4.38	5.87	3.98	44	0	150.73	222.04	92.40
U1300 Unifining	2920	14.27	13.71	0.64	9.29	0	17.31	56.92	23.28	167.49	302.91	89.63
U1400 Sulfolane	2920	12.96	45.44	0.82	9.53	1.67	17.9	68.66	4.49	174.72	336.19	88.49
U1500 Fraccionamiento	2920	11.88	8.69	1.12	8.27	2	23.82	70.42	25.29	192.93	344.42	88.20
U1600 Hydeal	2920	77.95	194.18	7.46	11.13	1.86	33.7	73	280.45	672.53	1352.26	53.69
U1700 Hydrar	2920	96.94	32.57	2.58	10.4	1.38	25.16	73	133.25	395.9	771.18	73.59
U2200 Polietileno I	2920	117.26	35.25	68.34	3.16	4.11	18.49	38.57	89.47	949.38	1324.03	54.66
U2250 Polietileno II	2920	162.83	54.01	50.89	0	2.94	38.42	133.19	45.17	661.05	1148.5	60.67

INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DEL DEPARTAMENTO (8 AÑOS)

75.91

Fuente: Los autores

Figura 21. Días de parada de planta de los últimos ocho años unidades del departamento de petroquímica por especialidad



Fuente: Los autores

En la figura 21 se puede observar que la mayor parte de las paradas de planta de las unidades del departamento han sido causadas por factores ajenos a los equipos o la operación de los mismos, esto se ve reflejado en que las paradas debidas a aspectos no clasificados identificados como “otros” agrupan la mayor parte de días de parada no programada, esta categoría reúne los aspectos fuera de control tales como el cambio climático, fallos en las unidades externas al departamento que suplen de carga a las plantas de polietileno y aromáticos (Etileno II, Cracking, turboexpander etc.) u otros factores y problemas no controlables por el departamento.

Se puede observar también que aunque no representa el mayor impacto en la disponibilidad operacional del departamento el equipo rotativo ha generado días de parada no programada que han afectado el sostenimiento de la producción de petroquímicos, destacando que las unidades que presentan mayor tasa de falla de equipo rotativo son: U1700, U1600, U2200 y U2250.

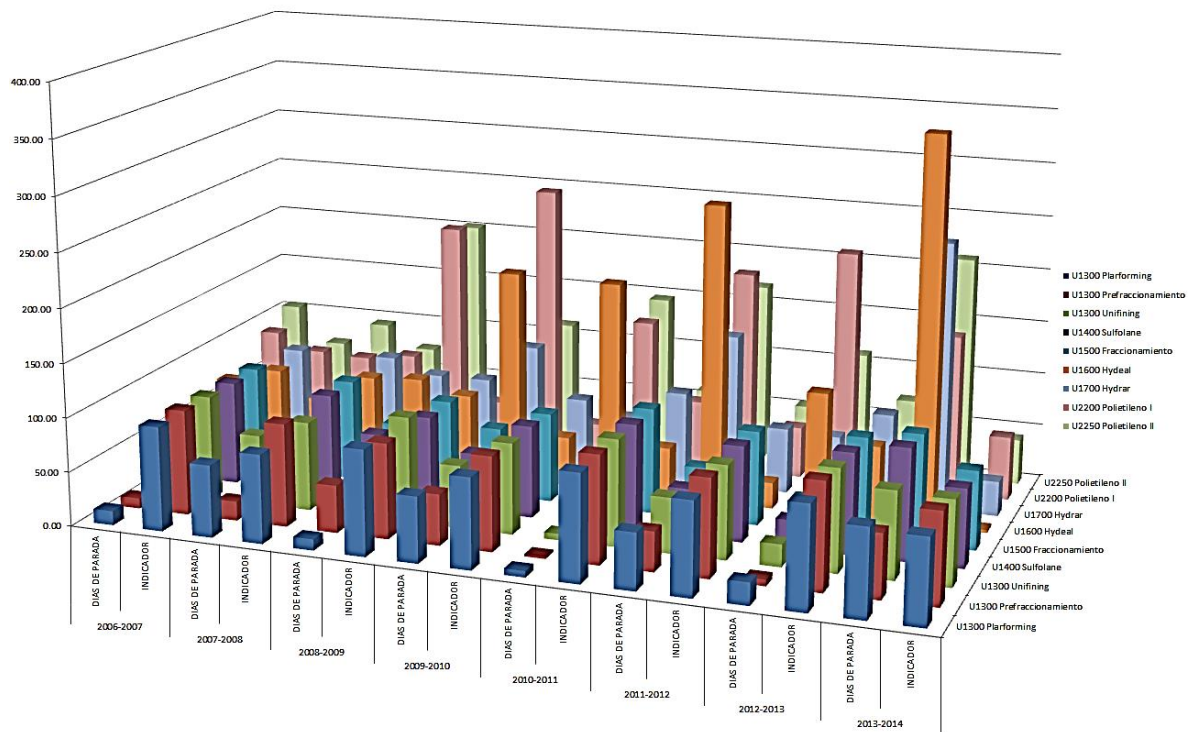
Con el fin de permitir el análisis del comportamiento de la disponibilidad operacional de cada unidad y del departamento en general, a continuación en la tabla 6 se realiza el cálculo del indicador por cada periodo anual y para cada unidad, posteriormente estos datos son graficados en la figura 22 para facilitar el análisis.

Tabla 6. Cálculo del indicador operacional anual para cada unidad de las plantas del departamento de petroquímica GRB ECOPETROL S.A.

UNIDAD	INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL ANUAL															
	2006-2007		2007-2008		2008-2009		2009-2010		2010-2011		2011-2012		2012-2013		2013-2014	
	DIAS DE PARADA	INDICADOR	DIAS DE PARADA	INDICADOR	DIAS DE PARADA	INDICADOR	DIAS DE PARADA	INDICADOR	DIAS DE PARADA	INDICADOR	DIAS DE PARADA	INDICADOR	DIAS DE PARADA	INDICADOR	DIAS DE PARADA	INDICADOR
U1300 Pflarforming	13.10	96.41	66.57	81.76	10.37	97.16	60.65	83.38	5.88	98.39	52.03	85.75	20.63	94.35	80.46	77.96
U1300 Prefraccionamiento	9.57	97.38	17.81	95.12	43.90	87.97	47.11	87.09	2.04	99.44	36.72	89.94	6.00	98.36	58.89	83.87
U1300 Unifining	13.10	96.41	64.70	82.27	9.45	97.41	57.95	84.12	5.88	98.39	51.00	86.03	20.63	94.35	80.20	78.03
U1400 Sulfolane	15.54	95.74	22.90	93.73	61.65	83.11	53.93	85.22	10.15	97.22	43.63	88.05	25.85	92.92	102.54	71.91
U1500 Fraccionamiento	13.74	96.24	23.40	93.59	57.54	84.24	63.36	82.64	8.61	97.64	47.93	86.87	29.44	91.93	100.40	72.49
U1600 Hydeal	67.51	81.50	58.07	84.09	87.25	76.10	197.91	45.78	196.44	46.18	277.12	24.08	113.20	68.99	354.76	2.81
U1700 Hydrar	39.57	89.16	32.80	91.01	78.15	78.59	114.80	68.55	56.34	84.56	143.64	60.65	58.24	84.04	247.64	32.15
U2200 Polietileno I	90.25	75.27	73.49	79.87	211.09	42.17	254.85	30.18	135.42	62.90	191.02	47.67	218.70	40.08	149.21	59.12
U2250 Polietileno II	105.04	71.22	94.77	74.04	202.46	44.53	112.21	69.26	146.34	59.91	167.43	54.13	109.90	69.89	210.35	42.37
INDICADOR DEPARTAMENTO		85.88		83.30		70.17		71.83		81.31		71.06		79.53		64.19

Fuente: Los autores

Figura 22. Días de parada e indicador de disponibilidad operacional por periodos anuales y unidades



Fuente: Los autores

Del análisis de los datos mostrados en la tabla 6 se puede concluir que las unidades que más días de paradas han presentado son: U1600, U1700, U2200 y U2250, pero mostrando un decremento bastante apreciable en la disponibilidad operacional en el último periodo de análisis (22 de Septiembre de 2013 al 22 de Septiembre de 2014), esta depresión en la disponibilidad operacional es la razón principal que motivó la realización de este proyecto de grado.

A continuación se muestra el cálculo de la disponibilidad operacional por años de cada unidad de las plantas del departamento dividida por especialidad y por unidad, posteriormente se realiza el cálculo para el departamento, esto con el fin de facilitar un análisis que permita concluir los tipos de problemas que afectan a cada unidad en específico según las especialidades clasificadas en el sistema

RIS, además esta información es útil para la estimación de la disponibilidad operacional con cero fallas de equipo rotativo, para verificar la mejora que se busca con la implementación de la estrategia de mantenimiento desarrollada en este trabajo de grado.

Tabla 7. Días de parada de planta anuales por especialidades

DÍAS DE PARADA DE PLANTA U1300 PLATFORMING									
PERIODO	EQ. ROTATIVO	EQ. ESTÁTICO	INSTRUMENTOS	EQ. COMBUSTION	EQ. TRANSFERENCIA DE CALOR	EQ. ELECTRICO	PARADAS DE PLANTA	PROBLEMAS OPERATIVOS O DE PROCESO	OTROS
2006-2007	0	0	0	9.29	0	0.08	0	0	3.73
2007-2008	0.97	0	0.95	0	0	4.94	0	0	59.71
2008-2009	0	4.37	0	0	0	0	0	0	6
2009-2010	0	8.38	0.02	0	0	6.73	0	0	45.52
2010-2011	0	3.42	0	0	0	0	0	0	2.46
2011-2012	0	0	0	0	0	0.08	0	0	51.95
2012-2013	13.39	0	0	0	0	6.99	0	0	0.25
2013-2014	0	3.88	0.83	0	0	0.26	64	11.49	0

DÍAS DE PARADA DE PLANTA U1300 PREFRACCIONAMIENTO									
PERIODO	EQ. ROTATIVO	EQ. ESTÁTICO	INSTRUMENTOS	EQ. COMBUSTION	EQ. TRANSFERENCIA DE CALOR	EQ. ELECTRICO	PARADAS DE PLANTA	PROBLEMAS OPERATIVOS O DE PROCESO	OTROS
2006-2007	0	0	0	1.55	5.87	0.08	0	0	2.07
2007-2008	0	0	0	0	0	0.81	0	0	17
2008-2009	0	0	0	0	0	0	0	0	43.9
2009-2010	0	6.92	0.02	0	0	3.09	0	0	37.08
2010-2011	0	0.08	0	0	0	0	0	0	1.96
2011-2012	0	0	0	0	0	0	0	0	36.72
2012-2013	6	0	0	0	0	0	0	0	0
2013-2014	0	0	0.06	2.83	0	0	44	0	12

DÍAS DE PARADA DE PLANTA U1300 UNIFINING									
PERIODO	EQ. ROTATIVO	EQ. ESTÁTICO	INSTRUMENTOS	EQ. COMBUSTION	EQ. TRANSFERENCIA DE CALOR	EQ. ELECTRICO	PARADAS DE PLANTA	PROBLEMAS OPERATIVOS O DE PROCESO	OTROS
2006-2007	0	0	0	9.29	0	0.08	0	0	3.73
2007-2008	0.88	0	0.62	0	0	3.9	0	0	59.3
2008-2009	0	2.08	0	0	0	0	0	0	7.37
2009-2010	0	8.21	0.02	0	0	6.34	0	0	43.38
2010-2011	0	3.42	0	0	0	0	0	0	2.46
2011-2012	0	0	0	0	0	0	0	0	51
2012-2013	13.39	0	0	0	0	6.99	0	0	0.25
2013-2014	0	0	0	0	0	0	56.92	23.28	0

DÍAS DE PARADA DE PLANTA U1400 SULFOLANE									
PERIODO	EQ. ROTATIVO	EQ. ESTÁTICO	INSTRUMENTOS	EQ. COMBUSTION	EQ. TRANSFERENCIA DE CALOR	EQ. ELECTRICO	PARADAS DE PLANTA	PROBLEMAS OPERATIVOS O DE PROCESO	OTROS
2006-2007	0	1.11	0	9.53	0	0.71	0	0	4.19
2007-2008	0	2.5	0.82	0	0	0.97	0	0	18.61
2008-2009	0.13	6.6	0	0	1.67	0	0	0	53.25
2009-2010	0.67	0	0	0	0	7.72	0	0	45.54
2010-2011	1.52	0.23	0	0	0	0	0	0	5.65
2011-2012	0	1.15	0	0	0	0	0	0	45.23
2012-2013	10.64	3.2	0	0	0	8.5	0	1.26	2.25
2013-2014	0	30.65	0	0	0	0	68.66	3.23	0

DÍAS DE PARADA DE PLANTA U1500 FRACCIONAMIENTO									
PERIODO	EQ. ROTATIVO	EQ. ESTÁTICO	INSTRUMENTOS	EQ. COMBUSTION	EQ. TRANSFERENCIA DE CALOR	EQ. ELECTRICO	PARADAS DE PLANTA	PROBLEMAS OPERATIVOS O DE PROCESO	OTROS
2006-2007	0.19	0	0	8.27	0	0.13	0	0	5.15
2007-2008	0.16	0.61	0.62	0	0	1.31	0	0	20.7
2008-2009	0.55	0	0	0	2	0	0	0	54.99
2009-2010	0	0	0.5	0	0	7.65	0	0	55.21
2010-2011	0	0.96	0	0	0	0	0	0	7.65
2011-2012	0.29	0	0	0	0	0	0	0	47.65
2012-2013	10.69	0	0	0	0	8.08	0	2.43	8.24
2013-2014	0	7.12	0	0	0	0	70.42	22.86	0

DÍAS DE PARADA DE PLANTA U1600 HYDEAL									
PERIODO	EQ. ROTATIVO	EQ. ESTÁTICO	INSTRUMENTOS	EQ. COMBUSTION	EQ. TRANSFERENCIA DE CALOR	EQ. ELECTRICO	PARADAS DE PLANTA	PROBLEMAS OPERATIVOS O DE PROCESO	OTROS
2006-2007	22.07	8.33	0	11.13	0	0.71	0	0	25.27
2007-2008	8.26	6.08	1.66	0	0	5.91	0	0	36.16
2008-2009	3.25	14.16	0	0	1.86	0	0	0	67.98
2009-2010	4.23	113.74	0	0	0	16.84	0	0	63.1
2010-2011	1.25	51.87	0	0	0	0	0	0	143.32
2011-2012	0.42	0	0	0	0	0	0	0	276.7
2012-2013	23.1	0	5.8	0	0	10.24	0	14.06	60
2013-2014	15.37	0	0	0	0	0	73	266.39	0

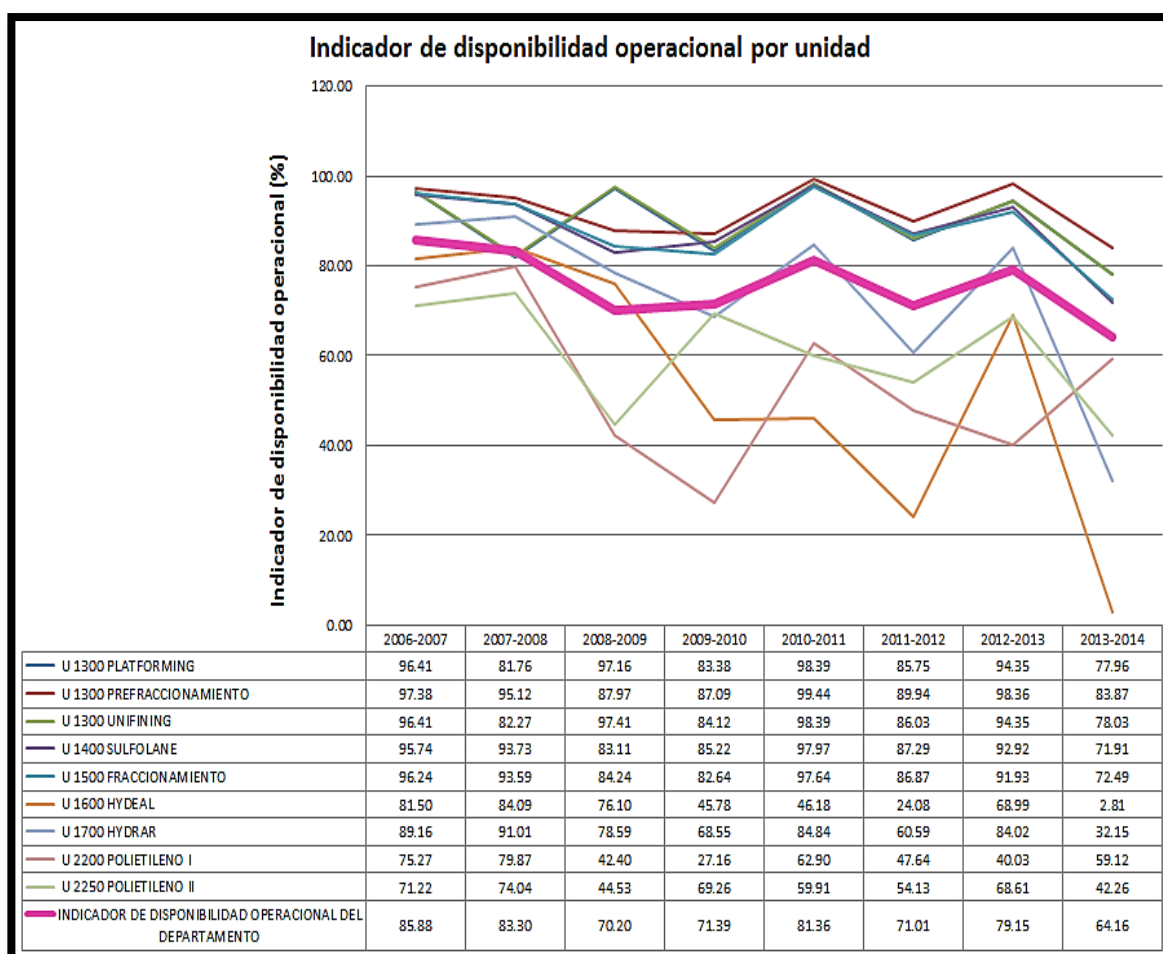
DÍAS DE PARADA DE PLANTA U1700 HYDRAR									
PERIODO	EQ. ROTATIVO	EQ. ESTÁTICO	INSTRUMENTOS	EQ. COMBUSTION	EQ. TRANSFERENCIA DE CALOR	EQ. ELECTRICO	PARADAS DE PLANTA	PROBLEMAS OPERATIVOS O DE PROCESO	OTROS
2006-2007	19	4.08	0.19	10.4	0	0.71	0	0	5.19
2007-2008	1.38	2.67	1.56	0	0	4.51	0	0	22.68
2008-2009	5.61	7.94	0.44	0	1.38	0	0	0	62.78
2009-2010	3.12	15.27	0.39	0	0	11.51	0	0	84.51
2010-2011	0	0	0	0	0	0	0	0	55.34
2011-2012	0	2.61	0	0	0	0	0	0	141.23
2012-2013	22	0	0	0	0	8.43	0	3.73	24.17
2013-2014	45.12	0	0	0	0	0	73	129.52	0

DÍAS DE PARADA DE PLANTA U2200 POLIETILENO I									
PERIODO	EQ. ROTATIVO	EQ. ESTÁTICO	INSTRUMENTOS	EQ. COMBUSTION	EQ. TRANSFERENCIA DE CALOR	EQ. ELECTRICO	PARADAS DE PLANTA	PROBLEMAS OPERATIVOS O DE PROCESO	OTROS
2006-2007	6.54	10.61	12.47	0	0	5.16	0	0	55.47
2007-2008	5.8	0.28	1.38	0	0	1.67	0	0	64.36
2008-2009	3.43	0.15	7.34	0	0	0	0	0	199.32
2009-2010	0	0.19	19.3	3.16	0	11.31	0	0	231.89
2010-2011	1.66	12.86	0.1	0	0	0	0	0	120.8
2011-2012	6.51	5.1	2.57	0	0	0	0	0	176.92
2012-2013	77.03	0	5.91	0	1.05	0.23	0	34.06	100.62
2013-2014	25.67	6.06	19.27	0	4.11	0.12	38.57	55.41	0

DÍAS DE PARADA DE PLANTA U2250 POLIETILENO II									
PERIODO	EQ. ROTATIVO	EQ. ESTÁTICO	INSTRUMENTOS	EQ. COMBUSTION	EQ. TRANSFERENCIA DE CALOR	EQ. ELECTRICO	PARADAS DE PLANTA	PROBLEMAS OPERATIVOS O DE PROCESO	OTROS
2006-2007	7.76	2.92	4.98	0	0	0.61	0	0	88.77
2007-2008	44.53	3.72	11.74	0	0.01	7.01	0	0	27.76
2008-2009	37.77	23.94	21.71	0	0	0.15	0	0	118.89
2009-2010	15.45	1.1	0.44	0	0	9.77	0	0	85.45
2010-2011	12.55	0	1.1	0	2.87	0.79	0	0	129.03
2011-2012	9.47	1.59	0.1	0	0	0.41	0	0	155.86
2012-2013	25.7	13.37	2.54	0	0	15.93	0	1.88	55.17
2013-2014	18.72	5.37	8.28	0	0.06	3.75	131.19	43.39	0

Fuente: Los autores

Figura 23. Indicador de disponibilidad operacional anual por unidad.



Fuente: Los autores

7.3 ESTIMACIÓN DEL INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL SIN FALLA DEL EQUIPO ROTATIVO.

A continuación se lleva a cabo un cálculo estimativo de lo que sería el indicador de disponibilidad operacional del departamento de petroquímica si se redujera a un mínimo las fallas de equipo rotativo de tal manera que el mantenimiento correctivo sea completamente eliminado a través de prácticas adecuadas de mantenimiento preventivo y predictivo.

Para las fallas de equipos pertenecientes a otro tipo tales como equipos estáticos, equipos eléctricos y equipos electrónicos o instrumentos, que han generado paradas de planta, se estimará mediante un promedio de los días de parada generados en los dos últimos periodos de análisis para seguir una tendencia acorde al comportamiento de falla actual de los equipos, cabe destacar que aún se tendrán en cuenta días de parada para mantenimientos preventivos y reparación general y se aplicara al cálculo según lo propuesto por la ecuación 1 para el cálculo del indicador, en donde se establece que los días de parada programada se deben dividir acomodándolos al periodo en el cual se realiza el cálculo que para este caso es de un año. Se debe anticipar que para los problemas operativos y problemas clasificados como “otros” se estima según la tendencia de los últimos dos años, y ya que son precisamente estos problemas los que más han generado paradas de planta no programadas se prevé que aunque el indicador aumentará no se alcanzará la meta propuesta por la empresa (96%) hasta que se propongan alternativas de solución y mejoramiento en estas ramas, pero se resalta que este no es un objetivo de este proyecto de grado.

Tabla 8. Promedio días de falla para seguir tendencia en estimación de la disponibilidad operacional del departamento sin falla de equipo rotativo.

PROMEDIO DE FALLA (PARA ESTIMACIÓN)										
UNIDAD	EQ. ROTATIVO	EQ. ESTÁTICO	INSTRUMENTOS	EQ. COMBUSTION	EQ. TRANSFERENCIA DE CALOR	EQ. ELECTRICO	PARADAS DE PLANTA	PROBLEMAS OPERATIVOS O DE PROCESO	OTROS	TOTAL
U1300 PLATFORMING	0	1.94	0.42	0	0	3.63	8.00	5.75	0.13	19.85
U1300 PREFRACCIONAMIENTO	0	0	0.03	1.42	0	0	5.50	0.00	6.00	12.95
U1300 UNIFINING	0	0	0	0	0	3.50	8.13	11.64	0.13	23.39
U1400 SULFOLANE	0	16.93	0	0	0	4.25	8.58	2.25	1.13	33.13
U1500 FRACCIONAMIENTO	0	3.56	0	0	0	4.04	8.80	12.65	4.12	33.17
U1600 HYDEAL	0	0	2.90	0	0	5.12	9.13	140.23	30.00	187.37
U1700 HYDRAR	0	0	0	0	0	4.22	9.13	66.63	12.09	92.05
U2200 POLIETILENO I	0	3.03	12.59	0	2.58	0.18	4.82	44.74	50.31	118.24
U2250 POLIETILENO II	0	9.37	5.41	0	0.03	9.84	16.40	22.64	27.59	91.27

Fuente: Los autores

Tabla 9. Indicador de disponibilidad operacional del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A. estimado sin falla del equipo rotativo.

UNIDAD	INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL ESTIMADO
U1300 PLATFORMING	94.56
U1300 PREFRACCIONAMIENTO	96.45
U1300 UNIFINING	93.59
U1400 SULFOLANE	90.92
U1500 FRACCIONAMIENTO	90.91
U1600 HYDEAL	48.67
U1700 HYDRAR	74.78
U2200 POLIETILENO I	67.61
U2250 POLIETILENO II	74.99

INDICADOR DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DEL DEPARTAMENTO ESTIMADO	84.10
---	-------

Fuente: Los autores

Según lo estimado el indicador de disponibilidad del departamento mejoraría en un 19.94% respecto al periodo 2013-2014 si se reduce a cero la tasa de falla del equipo rotativo y en un 8.19% respecto al promedio calculado para los últimos 8 años. Es muy importante resaltar que es imprescindible llevar a cabo un estudio similar al realizado en el presente proyecto para identificar y corregir los problemas relacionados a otros tipos de equipos y a operaciones, además de buscar el mejoramiento de los procesos y la comunicación con otras unidades para evitar que problemas ajenos a las plantas del departamento de petroquímica generen paradas no planeadas.

8. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS

El primer proceso a llevar a cabo es la identificación de los equipos en los cuales se va a enfocar la estrategia de mantenimiento desarrollada en el presente proyecto de grado, para ello inicialmente se va dar una explicación de la forma en que se identifican los equipos en ECOPETROL S.A (siguiendo la norma ISO 14224 de 2006.) y además se van a clasificar los tipos de equipos rotativos ubicados específicamente en el departamento de petroquímica de la GRB.

8.1 NOMENCLATURA DE IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS ECOPETROL S.A (TAG'S)

Con el fin de clasificar, ordenar y en general identificar los diferentes equipos que intervienen en el proceso productivo de las plantas, en ECOPETROL S.A hay definidos unos parámetros de nomenclatura que permiten dar un código o TAG a cada equipo según su ubicación, tipo y función.

8.1.1 Nomenclatura de identificación de plantas: Para la identificación de las plantas se establece que cada proceso productivo de la refinería (GRB) contiene diferentes unidades de proceso y cada unidad tiene un código establecido que la identifica, por ejemplo el departamento de petroquímica de la GRB de ECOPETROL S.A. cuenta con tres plantas de procesamiento y sus códigos de identificación son los que siguen:

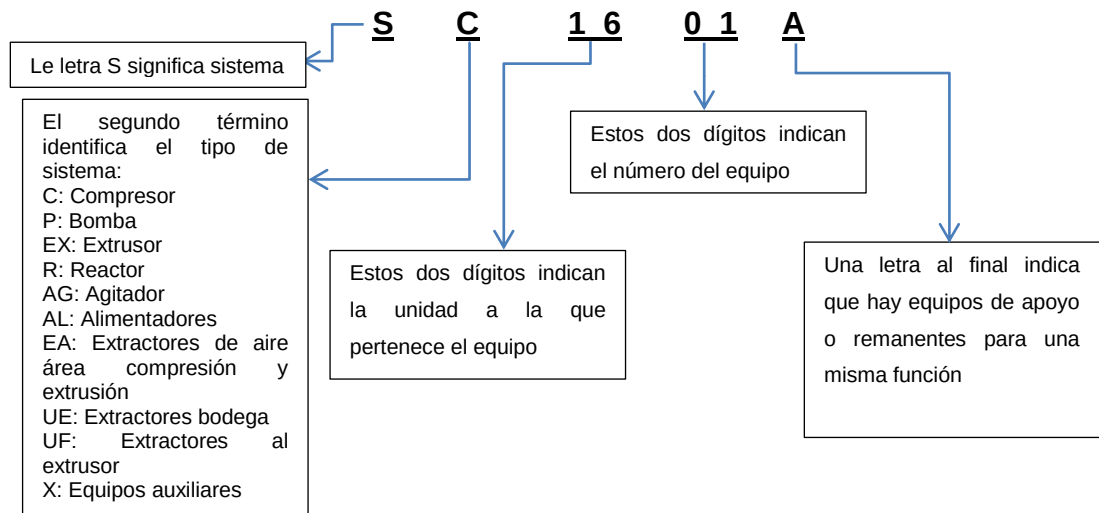
- Polietileno I: Esta planta se establece como una única unidad y su TAG es U2200
- Polietileno II: Esta planta también es establecida como una única unidad y su TAG es U2250
- Aromáticos: se compone por varias unidades que cumplen cada una un rol distinto en el proceso, y producen además distintos productos:

- ✓ U1300 Platforming
- ✓ U1300 Prefraccionamiento
- ✓ U1300 Unifining
- ✓ U1400 Sulfolane
- ✓ U1500 Fraccionamiento
- ✓ U1600 Hydeal
- ✓ U1700 Hydrar

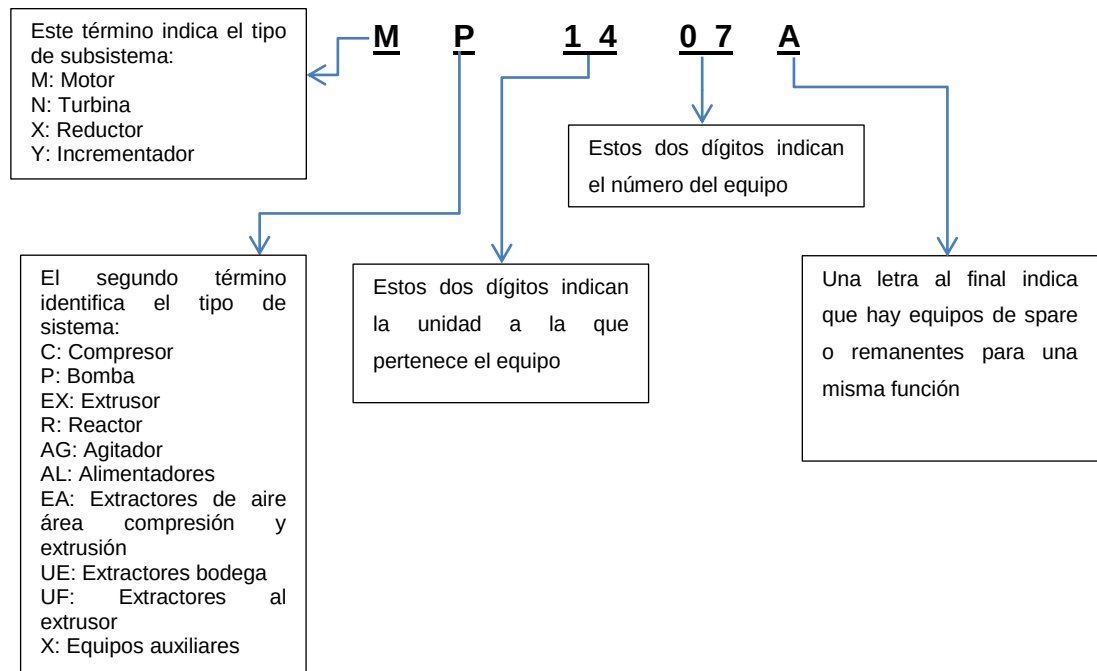
8.1.2 Nomenclatura para la identificación de equipos rotativos: Para la identificación de los equipos rotativos, estos se clasifican dentro de grandes grupos según su función y tipo, a continuación se realiza una explicación de las nomenclaturas asociadas basándose principalmente en los equipos del departamento de petroquímica:

- **Identificación de los equipos como un sistema:** Cuando se habla de un equipo como sistema se entiende que es el conjunto de subsistemas que conforman un equipo y que son fundamentales para su funcionamiento, por ejemplo una bomba centrífuga, la bomba como tal no es capaz de realizar su función sin otro elemento generador de potencia (motor o turbina de vapor o gas).

Entonces cuando un equipo se ve como un sistema la nomenclatura es la siguiente:



- **Nomenclatura de identificación de subsistemas:** Esta nomenclatura se usa para especificar los subsistemas que componen un equipo por ejemplo, motor-reductor o incrementador - bomba centrífuga.



8.2 TIPOS DE EQUIPOS ROTATIVOS DEL DEPARTAMENTO DE PETROQUIMICA DE LA GRB ECOPETROL S.A.

A continuación se describen los principales tipos de equipos rotativos presentes en las plantas de Polietileno I, Polietileno II y Aromáticos.

8.2.1 Bombas centrífugas: Constituyen una gran parte de los equipos de las unidades de la planta de aromáticos. Son bombas centrífugas con alimentación de potencia por motor eléctrico y por turbina de vapor, su función principal es la de transportar la carga de nafta y los productos aromáticos a través de las distintas torres de destilación, reactores, tanques etc.

Por otra lado son altamente utilizadas en los sistemas de enfriamiento tanto en las unidades de aromáticos como en la de polietileno en donde cumplen la función de transportar el agua industrial refrigerada en sistemas de refrigeración por absorción o enfriadas en bancos de torres de enfriamiento hacia intercambiadores de calor para reducir la temperatura de aceites de lubricación de compresores por ejemplo, o el flujo entre etapas para compresores multietapa.

Figura 24. Bombas centrífugas unidad 1400 planta de aromáticos

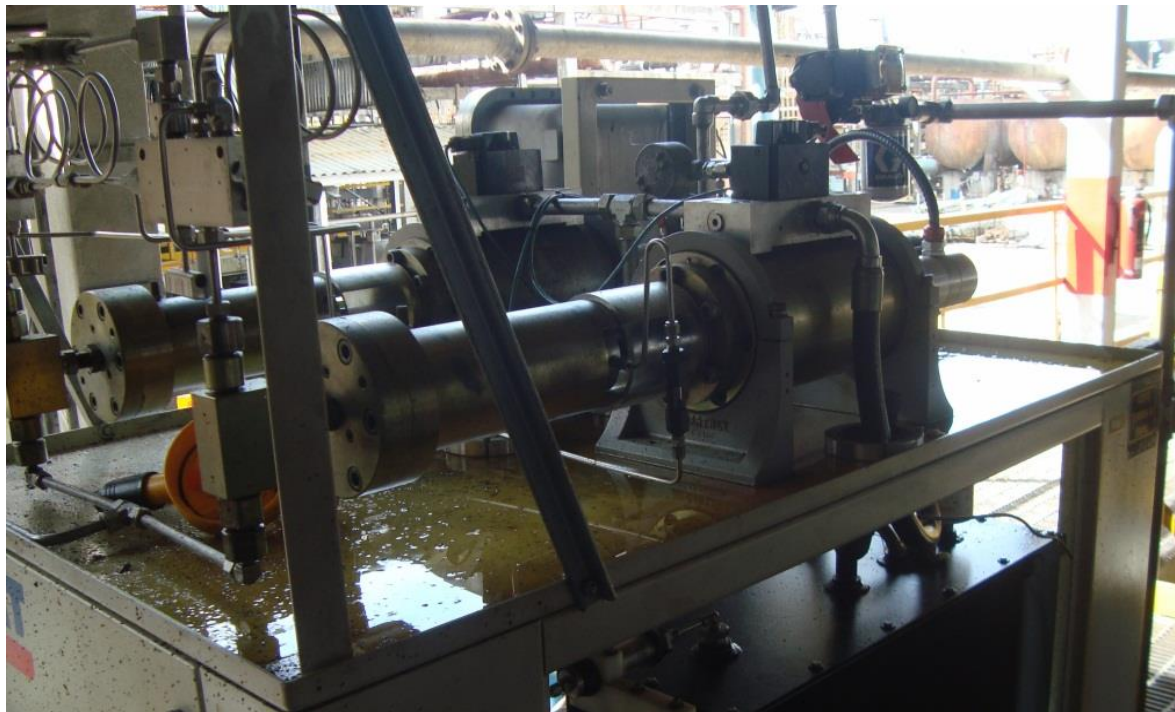


Fuente: Los autores

8.2.2 Bombas de desplazamiento positivo: En el departamento de petroquímica se utilizan varios tipos de bombas de desplazamiento positivo, entre las cuales están: bombas de engranajes, bombas de paletas, bombas de lóbulos y bombas de pistones; son usadas en procesos en los cuales no se requiere un flujo muy elevado pero las condiciones de presión si son bastante altas, por ejemplo en las unidades de polietileno, la presión a la cual se logra la reacción de polimerización del etileno para crear cadenas entrelazadas que conforman el polietileno, es de aproximadamente 18000 psig, para dar inicio a la reacción se

requiere agregar un producto iniciador al reactor y debido a que el reactor está presionado a 18000 psig, el químico iniciador debe ingresar al mismo venciendo esta presión, es aquí donde se usan bombas de desplazamiento positivo capaces de generar esta presión de descarga.

Figura 25. Bombas iniciadoras planta de polietileno I



Fuente: Los autores

8.2.3 Compresores reciprocantes: Los compresores reciprocantes son el núcleo de funcionamiento de la plantas de polietileno, y son bastante representativos en el proceso de producción de aromáticos, son equipos de gran capacidad capaces de comprimir fluidos gaseosos a presiones significativamente grandes, se usan para aumentar la presión de gases tales como el nitrógeno, el hidrogeno, el etileno y el aire. Para el caso de las planta de polietileno en una plataforma de compresión se ubican dos tipos de compresores que se encargan de brindar las condiciones necesarias para la reacción y posterior producción del polietileno, el proceso de compresión se da a través de dos compresores que para

el caso de polietileno I tienen como TAG SC2201/02 y SC2203-SC2204. El compresor SC2201/02 es un equipo de tres etapas con etapa booster, de capacidad controlada por bolsillos, que se encarga de incrementar la presión del etileno desde 6 psig hasta 3000 psig y entrega el etileno comprimido al SC2203 y al SC2204 que son compresores hyper de dos etapas y se encargan de incrementar la presión hasta la presión de reacción de 18000 psig.

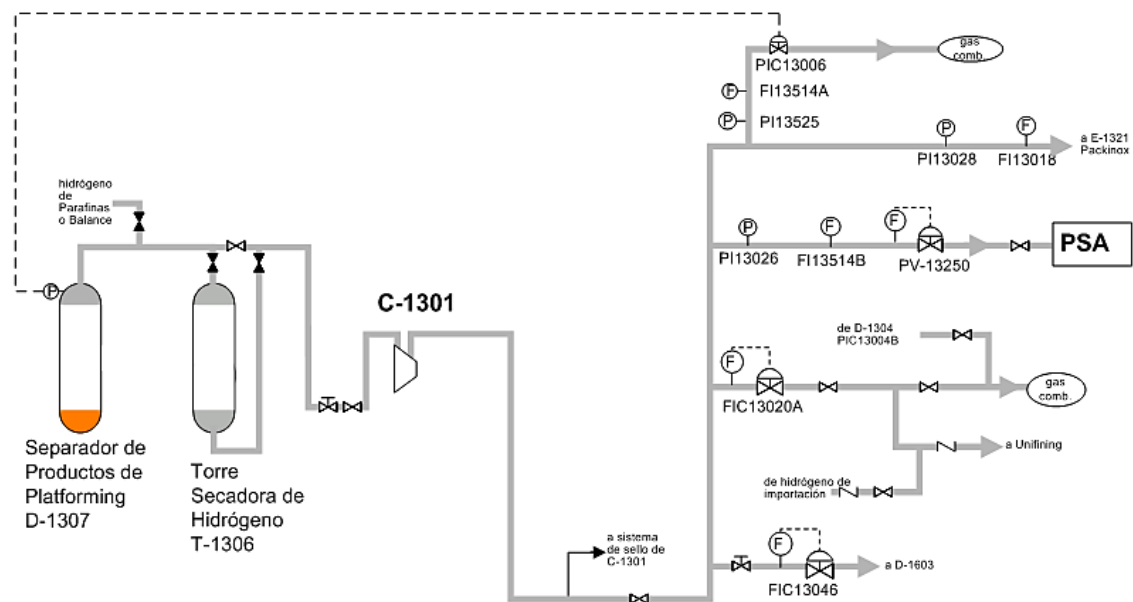
Figura 26. Compresor SC2204 Polietileno I



Fuente: los autores

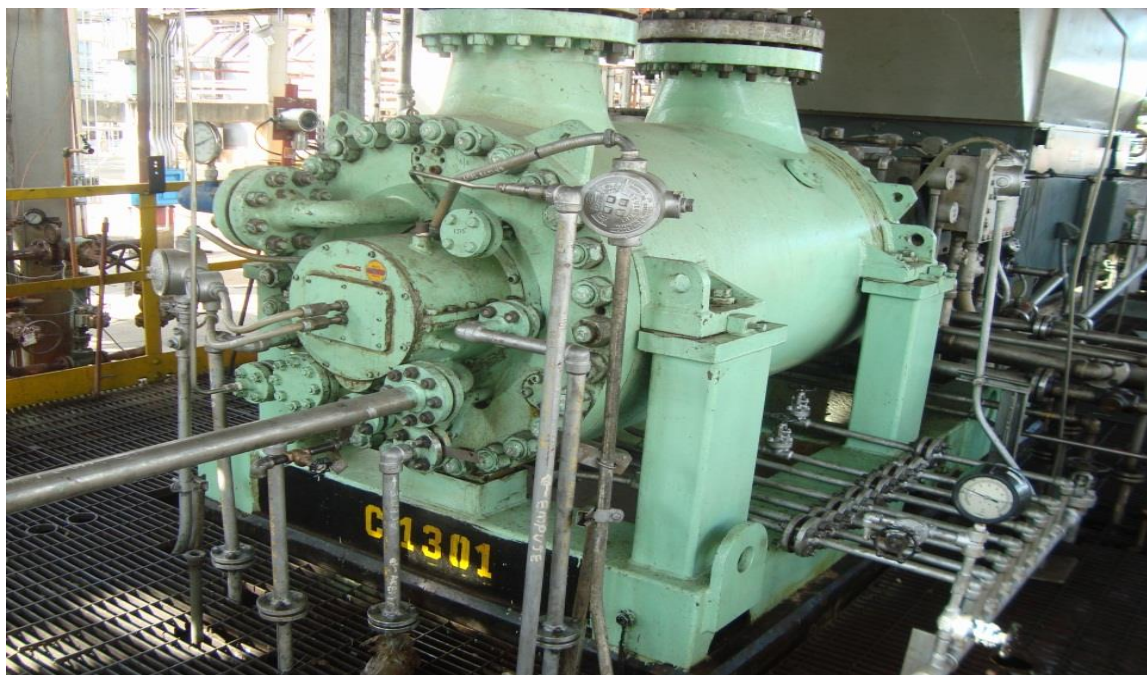
8.2.4 Compresores centrífugos: En las plantas del departamento de petroquímica solo hay un equipo de compresión centrífugo y se encuentra ubicado en la planta de aromáticos, este compresor que tiene TAG SC1301 es el núcleo de funcionamiento de las unidades de producción de aromáticos Unifining, Platforming, U1600 y U1700, se encarga de proveer el hidrogeno comprimido necesario para la reacción de distintos productos aromáticos.

Figura 27. Circuito de compresión de hidrógeno U1300



Fuente: ECOPETROL S.A.

Figura 28. Compresor SC1301



Fuente: los autores

8.2.5 Compresores de lóbulos: Los compresores de lóbulos son usados en las plantas de polietileno en sistemas de transferencia en los cuales se transporta por presión de aire el polietileno en pellets hacia los sistemas de separación y clasificación y hacia las tolvas de almacenamiento para su posterior empacado.

Figura 29. Compresor SC2254B



Fuente: Los autores

8.2.6 Equipos especiales: En este grupo se encuentran los equipos únicos que cumplen una tarea especial y esencial durante el proceso de producción por ejemplo para el caso de las plantas de polietileno están: extrusoras de polietileno, separadores o clasificadores, alimentadores, reactores, agitadores, extractores de aire área compresión y extrusión, extractores de bodega y extractores de seguridad del proceso de extrusión.

Figura 30. Extrusora SEX2251



Fuente: los autores

8.2.7 Equipos auxiliares: Estos son equipos que se encargan de mantener condiciones adecuadas para el correcto funcionamiento de otros equipos, por ejemplo las bombas de lubricación MANZEL del compresor SC2201/02 las cuales tienen como función lubricar los cilindros del compresor y mantener en lo posible una lubricación hidrodinámica.

Figura 31. Bomba de lubricación compresor SC2201/02



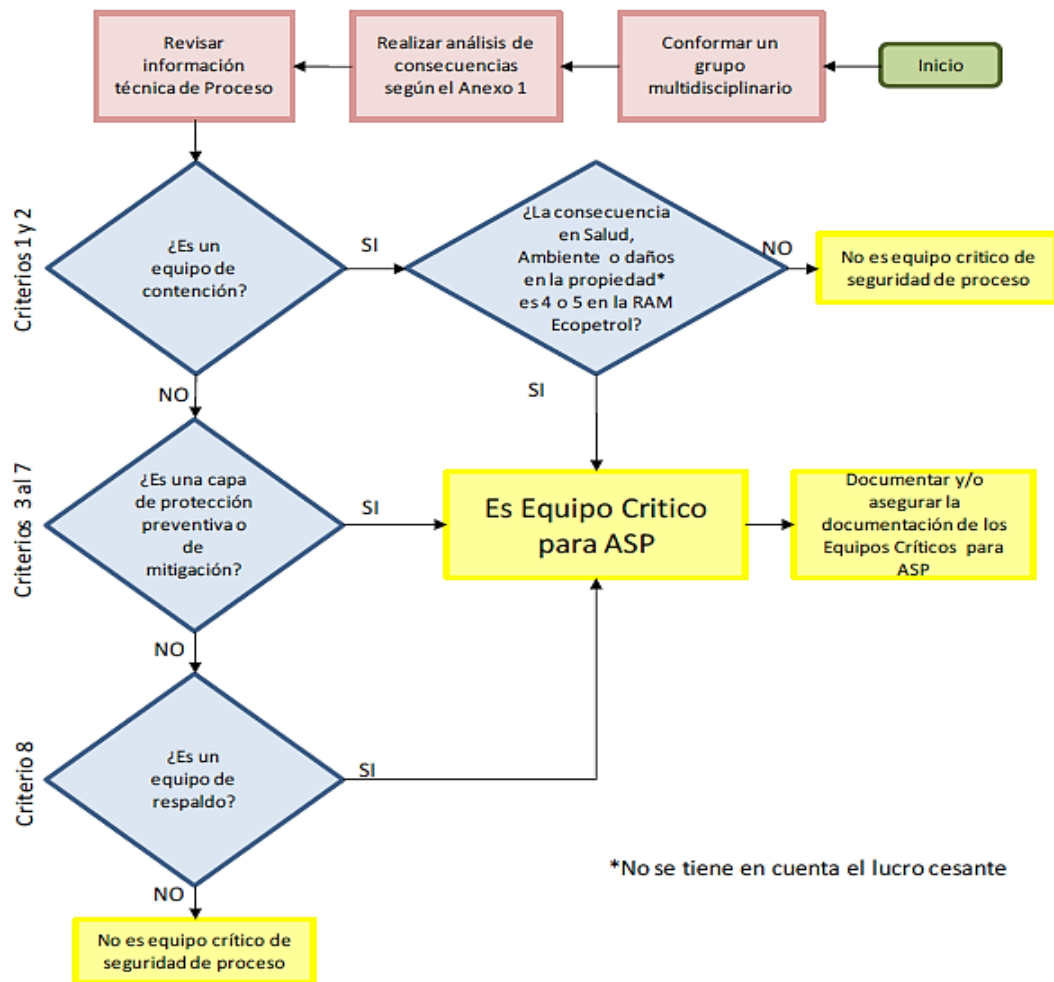
Fuente los autores

8.3 SELECCIÓN DE EQUIPOS CRITICOS SIGUIENDO LA METODOLOGÍA ASP (ADMINISTRACIÓN DE LAS SEGURIDAD DE LOS PROCESOS)

8.3.1 Metodología ASP¹⁴: Esta metodología define la criticidad de un equipo basado en las consecuencias que podría conllevar su falla tales como, liberación y o exposición a sustancias peligrosas o a su energía (por ejemplo fuego o una explosión) que pudieran ocasionar la muerte o efectos irreversibles a la salud, impactos ambientales significativos o daños importantes a la propiedad, se basa fundamentalmente en el cálculo de la cantidad de fuga producida por un equipo y el impacto ambiental y a la salud y seguridad que conlleva.

¹⁴ La metodología ASP explicada en este proyecto de grado es la seguida por ECOPETROL S.A, y está basada en la norma API RP-754 (Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petrochemical Industries). Los criterios dados aquí son los propuestos por la empresa y se reservan sus derechos.

Figura 32. Diagrama de flujo metodología de selección de equipos críticos para ASP



Fuente: ECOPETROL S.A.

Como se puede observar en el diagrama de flujo, para el análisis de un equipo o sistema para ASP se debe inicialmente conformar un grupo multidisciplinario conformado por personas conocedoras de los procesos y equipos a analizar tales como ingenieros de proceso, ingenieros de confiabilidad, ingenieros de operaciones y operadores, estas personas se deben reunir a responder las preguntas propuestas en el diagrama analizando específicamente un equipo, y siguiendo los diferentes caminos y criterios definidos se llegará a evaluar si el equipo es o no crítico para ASP.

Para seguir la metodología ASP están definidos unos criterios de selección que guían el proceso bajo características y aspectos relevantes de los equipos que los convierte o no en un equipo crítico por seguridad de procesos:

- **CRITERIO 1** - Sistemas, equipos o componentes que contengan o estén en contacto con sustancias peligrosas, en los que se debe evitar la pérdida de contención.

Se refiere a los sistemas de contención primaria consistentes de tuberías, vasijas y otros equipos de proceso diseñados para mantener controladas sustancias peligrosas y energías del proceso, por ejemplo:

- Recipientes a Presión, Tanques de Almacenamiento y piscinas.
 - Equipos y tuberías de Proceso y transporte de hidrocarburos.
 - Bombas, compresores y turbinas.
 - Instrumentos y líneas de impulso.
-
- **CRITERIO 2** – Controles de contención: sistemas, equipos o componentes que ayudan a mantener la contención durante la operación normal.

Equipo que generalmente no contiene una sustancia peligrosa y que “ofrece un margen de seguridad para prevenir un evento peligroso”. Ayuda a mantener la contención durante las operaciones normales. Comprende todos los sistemas de control básicos del proceso. Algunos ejemplos son:

Lazos de control (BPCS):

- Válvulas de cheque y válvulas de seguridad.
- Protección catódica.
- Sistemas de calentamiento o enfriamiento.
- Estructura y soportes de tubería.
- Venteos, Scrubers, sistemas de Teas.

- **CRITERIO 3** - Sistemas, equipos o componentes que garanticen una parada segura.

Todos los equipos, sensores y elementos primarios de control que integran el sistema de protección:

- Sistemas de paro de emergencia automáticos y manuales
- Sistemas de control de ignición
- Válvulas de aislamiento en caso de incendio
- Alarmas y controles de seguridad del proceso que requieren la Intervención del operador.

- **CRITERIO 4** - sistemas, equipos o componentes asociados con la liberación y control de emisiones de sustancias peligrosas fuera de operación normal.

- Sistemas de transferencia rápida de inventario y/o tanques de relevo.
- Sistemas lavadores de gas y polvos (Scrubbers).

- **CRITERIO 5** - Sistemas, equipos o componentes asociados con la detección o respuesta al desfogue o emisión de la sustancia peligrosa.

El funcionamiento de estos sistemas no deberá depender de ningún otro sistema de control mayor.

- Sistema de detección de gases, llama y humos.
- Sistemas de detección de fugas.
- Sistemas de alarmas de emergencias, evacuación e incendio.
- Sistemas de radio y teléfono para comunicación interna y externa, **SOLÓ SÍ** son los medios primarios para reducir el impacto de la emisión de sustancias peligrosas.

- **CRITERIO 6** - Sistemas, equipos o componentes que, al ser activados, reducen el potencial de riesgo o minimizan los desfogues o emisiones peligrosas, los incendios y explosiones.
 - Sistemas contra incendio
 - Sistemas de rociadores, agentes limpios y CO2
 - Sistemas de supresión de explosiones
 - Sistemas de ventilación utilizados para diluir las sustancias peligrosas, Proveer presión positiva en las salas de control y equipo eléctrico y mantener la operación de sistemas controladores electrónicos de seguridad.
- **CRITERIO 7** - Sistemas, equipos o componentes que no requieren ser activados para reducir el potencial o minimizar los desfogues o emisiones peligrosas, incendios y explosiones relacionadas con el proceso.
 - Elementos secundarios de contención: Diques, drenajes, tuberías enchaquetadas
 - Fire proofing
 - Muro contra fuego, compuertas anti explosión
 - Instalaciones eléctricas y electrónicas ubicadas en áreas clasificadas como eléctricamente peligrosas, para evitar fuentes de ignición
 - Sistemas de puesta a tierra, apantallamiento y pararrayos.

Nota: Estos equipos (entre otros) deben estar relacionados con los equipos críticos del criterio 1.

- **CRITERIO 8** - Sistemas, equipos o componentes que ayudan a mantener una operación segura

Se refiere a los sistemas de respaldo a los equipos críticos, tales como: Sistemas de respaldo de energía de emergencia, ejemplos: fuentes de energía no interrumpibles, generadores diésel, sistemas de baterías.

8.3.2 Ejemplo proceso de selección de un equipo crítico para ASP: Para la explicación del proceso de selección de los equipos críticos siguiendo la metodología ASP se explicará a continuación el proceso de identificación para un equipo piloto, destacando que este proceso se realizó con un grupo multidisciplinario conformado por el ingeniero de equipo rotativo Elber Fernando Ruiz Rueda (Especialista equipo rotativo), Paola Mariño (Líder de confiabilidad), Manuel Julián Ardila (Experto aromáticos) y Fabián Eduardo Gomez (Experto polietileno).

Se inicia por responder a las preguntas propuestas en el diagrama de flujo mostrado en la figura 26.

¿Es un equipo de contención?

Compresor SC1301 según el primer criterio de la metodología ASP si es considerado un equipo de contención ya que maneja una sustancia inflamable a presión (hidrógeno).

Siguiendo el diagrama de flujo de la figura 26 la siguiente pregunta a responder es:

¿La consecuencia en ambiente, salud o daños en la propiedad es de 4 o 5 en la RAM de ECOPETROL?

Para responder a esta pregunta se debe llevar a cabo el siguiente proceso:

Paso 1: Inicialmente se debe recopilar la información necesaria para el proceso de selección a continuación se lista dicha información y se especifica la misma para el equipo piloto SC1301:

- Planos del sistema de sellos del equipo: los planos del sistema de sellos del compresor centrífugo SC1301 se encuentran en el Anexo C
- Propiedades de la sustancia que maneja el equipo: para el cálculo de la descarga probable se necesitan distintas propiedades de la sustancia

manejada por el equipo, para el caso del SC1301 es hidrógeno, a continuación en la tabla 10 se listan las propiedades usadas:

Tabla 10. Propiedades del Hidrógeno para el cálculo de descarga

Fluido	MW (Peso Molecular)	Densidad de líquido (lb/ft ³)	Ecuación para cálculo del calor específico de gas	C _p					Auto-Ignition Temp (°F)	IBP (°F)
				Constante A Gas Ideal	Constante B Gas Ideal	Constante C Gas Ideal	Constante D Gas Ideal	Constante E Gas Ideal		
H ₂	2	4.4		27.1	9.27E+00	-1.38E-05	7.65E-06	N/A	752	-423
				$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$ with T in K, units for C_p are J/kmol-K						

Fuente: Los autores

- Datos de proceso del equipo: en la tabla 11 se muestran las condiciones de operación del compresor SC1301.

Tabla 11. Datos de proceso compresor SC1301

Planta	Tag	Fluido de Proceso	Temp. de proceso °F	Ps (#)	Pd (#)	Qrated	Tipo de equipo	Diámetro promedio del sello
				psig	psig	gpm	OH /	inch
U1300	SC-1301	Hidrógeno	550.0	264.0	460.0	960 Lb/h	Compresor centrífugo	5.3

Fuente: Los autores

- Herramientas de cálculo para estimación de fugas: Con el fin de hacer el proceso de selección más rápido y evitar errores de cálculo, el ingeniero Miguel Ángel González de ECOPETROL S.A programó un archivo Excel que facilita el cálculo de la descarga probable siguiendo la metodología ASP.

Paso 2: Una vez recopilada la información necesaria, se inicia con el cálculo de la descarga probable por el sello del equipo, este cálculo se hace para equipos de contención para evaluar las consecuencias ambientales y de salud y seguridad a través de la matriz RAM.

Para obtener los parámetros suficientes para la valoración de consecuencias con la matriz RAM se usa el archivo de cálculo Excel proporcionado por ECOPETROL S.A. denominado “Calculo descarga V8”.

Este cálculo consiste en evaluar el impacto probable de una posible fuga de sustancia a través del equipo, para el caso del compresor SC1301 el hidrógeno es contenido mediante un sistema de sellos secos presurizados con nitrógeno, el cálculo consiste en evaluar la cantidad de gas que podría ser liberada si los sellos fallaran, evaluar la inflamabilidad del gas, la posibilidad de evitar el peligro dado por la fuga y que tan impactante puede llegar a ser la emisión del gas.

En la tabla 12 se muestran los resultados obtenidos del proceso de cálculo.

Tabla 12. Resultados arrojados por la herramienta de cálculo para la valoración de consecuencias

Datos requeridos para llevar al archivo "CALCULO CONSECUENCIAS + REPORTE"						
SALUD Y SEGURIDAD				MEDIO AMBIENTE		
FUEGO		EXPLOSION		MITIGACION	DERRAME DE LIQUIDO	EMISION DE GAS
Inflamabilidad	Cantidad Liberada	Posibilidad de VCE	Masa Vapor Liberado	Posibilidad Evitar el Peligro	Cantidad Derramada	Tamaño Emisión
MEDIA	0,5 - 5 TON	MEDIA	0,5 - 5 TON	ALGUNAS	No Hay Derrame de Líquido	Pequeña

Fuente: los autores

Paso 3: Con los parámetros arrojados por el cálculo de descarga probable, se usa otro archivo suministrado por ECOPETROL llamado “CALCULO CONSECUENCIAS + REPORTE” el cual permite realizar la valoración de consecuencias a la salud y seguridad y de consecuencias ambientales, todo siguiendo los criterios explicados anteriormente de la metodología de selección ASP, y bajo los parámetros de selección de la norma API RP-754. Una vez hecho el análisis el archivo entrega un resultado de valoración RAM, y dado lo propuesto por el diagrama de flujo de la metodología ASP de la figura 27, si este resultado de

valoración da de 4 o 5 el equipo es considerado crítico, a continuación se muestra el proceso de valoración RAM para el compresor piloto SC1301.

El proceso de valoración del riesgo por medio de la matriz RAM se lleva a cabo tanto para verificar el impacto a la seguridad de las personas como al medio ambiente, a continuación en la figura 33 se muestra el proceso de valoración del riesgo a la seguridad de las personas.

Figura 33. Proceso de valoración de consecuencias (Matriz RAM)

FUEGO	
INFLAMABILIDAD	
Inflamabilidad alta ($N_f > 1$ y $T_{product} > AIT$)	
Inflamabilidad media ($N_f > 1$ y $FP < T_{product} < AIT$)	X
No inflamable ($N_f < 2$) o inflamabilidad baja ($N_f > 1$ y $T_{product} < FP$)	
CANTIDAD LIBERADA (INSTANTANEA, POR HORA O POR INVENTARIO)	
> 5 ton	
0,5 - 5 ton	X
< 500 kg	
CLASIFICACIÓN CONSECUENCIAS SIN MITIGACIÓN	2
CLASIFICACIÓN RAM CON MITIGACIÓN	2

En esta primera tabla se evalúa la posibilidad de generación de un incendio según los datos obtenidos (ver la tabla 12), la inflamabilidad y la cantidad de gas liberada, dados estos dos parámetros se usa la matriz RAM para evaluar el riesgo de la siguiente manera:

- Según la inflamabilidad y la cantidad de sustancia librada se valora el impacto probable en la personas, moviéndose por la columna personas de la matriz RAM, por ejemplo una alta inflamabilidad combinada con una elevada cantidad de sustancia liberada podría generar graves lesiones en una persona, entonces su impacto en la matriz sería “Incapacidad permanente (parcial o total)” para el caso de ejemplo una inflamabilidad media sumada a una cantidad liberada de gas media (entre 0.5 y 5 toneladas) puede generar una lesión menor sin incapacidad, por tano la valoración RAM es de 2.

Continuación figura 33. Proceso de valoración de consecuencias (Matriz RAM).

EXPLOSIÓN	
POSIBILIDAD DE NUBE DE VAPOR EXPLOSIVA (VCE)	
Alta; liberación de una nube explosiva en un área congestionada fuertemente (muchos obstáculos presente)	
Media; liberación de una nube explosiva en un área de congestión media (algunos obstáculos presente)	X
Baja; liberación de una nube explosiva en un área abierta	
Ninguna, no existe liberación de una nube explosiva	
MASA DEL VAPOR LIBERADO (INSTANTÁNEA O POR HORA)	
> 5 ton	
0,5 - 5 ton	X
50 - 500 kg	
< 50 kg	
CUESTIONARIO DE OTRAS EXPLOSIONES	
Falla causando grandes escombros voladores (partículas solidas)	
Gas presente y $p \cdot V > 500 \text{ bar m}^3$ o falla causando algunos escombros voladores (partículas solidas)	X
Gas presente y $50 < p \cdot V < 500 \text{ bar m}^3$	
Gas presente y $5 \leq p \cdot V \leq 50 \text{ bar m}^3$	
No existe gas presente o $p \cdot V < 5 \text{ bar m}^3$	
CLASIFICACIÓN CONSECUENCIAS SIN MITIGACIÓN	4
CLASIFICACIÓN RAM CON MITIGACIÓN	4

El siguiente paso es la evaluación del impacto dada la posibilidad de una explosión. Se inicia con el análisis de la generación de una posible nube de vapor explosivo, para esto se tiene en cuenta la congestión de equipos presentes alrededor de la máquina que está siendo analizada, y el tipo de sustancia que maneja, para el caso del compresor SC1301 es el hidrógeno, este equipo se encuentra en una plataforma en la cual están montados otros dos compresores, por tanto se elige la casilla “Media: Liberación de una nube explosiva en un área de congestión media (algunos obstáculos presentes)”

Se continúa con el análisis de la masa de vapor liberada, para esto se usan los datos obtenidos en la tabla 12, para el compresor SC 1301 este dato es de 0.5 - 5 toneladas, posteriormente se responde el cuestionario de otras explosiones calculando el factor presión*volumen, dado este factor se puede estimar el impacto que puede causar una eventual explosión, para el caso del compresor SC1301 este factor es mayor a $500 \text{ bar} \cdot \text{m}^3$. Una vez se han elegido de la tabla

las tres opciones éstas se combinan para evaluar el impacto con la matriz RAM, de tal manera que una nube explosiva con una alta cantidad de gas acompañada de una zona de difícil evacuación y con poca ventilación, y con una capacidad destructiva alta puede generar la muerte, por tanto la clasificación RAM seria 5 en la columna de personas “Una o más fatalidades”, para el caso del compresor SC1301 se encuentra en una zona medianamente congestionada, la cantidad de hidrógeno liberada es media y su explosión puede causar algunos escombros voladores por tanto se valora según la matriz RAM que su impacto en personas puede ser de incapacidad permanente (parcial o total), entonces la valoración es de 4.

Continuación figura 33. Proceso de valoración de consecuencias (Matriz RAM).

TOXICIDAD	
TOXICIDAD	
Toxicidad extrema (Nh > 3)	
Toxicidad alta (Nh = 3)	
Toxicidad media (Nh = 2)	
No toxico (Nh < 2) o baja toxicidad (Nh < 4 y concentración < 100ppm)	x
CONCENTRACIÓN	
> 10%	x
1 - 10%	
< 10000 ppm (o < 1%)	
< 1000 ppm	
CLASIFICACIÓN CONSECUENCIAS SIN MITIGACIÓN	2
CLASIFICACIÓN RAM CON MITIGACIÓN	2

Ahora se evalúa la toxicidad y concentración de la sustancia de trabajo, para el caso del compresor SC1301 la sustancia es el hidrógeno el cual es considerado no toxico, sin embargo una exposición a una atmosfera rica en hidrógeno puede reducir la cantidad de oxigeno inhalado generando problemas a la salud, la concentración del hidrogeno manejado por el compresor es mayor al 10%, con estos dos parámetros se evalúa el impacto con la matriz RAM concluyéndose que

por toxicidad y concentración el hidrógeno puede generar una lesión menor sin incapacidad por tanto la valoración RAM es 2.

Continuación figura 33. Proceso de valoración de consecuencias (Matriz RAM).

MITIGACIÓN	
EXPOSICIÓN	
Frecuentemente a continuamente (más de 6 horas hombre por día)	
Ocasionalmente (menos de 6 horas hombre por día)	X
Muy raro (menos de 10 minutos hombre por día)	
POSIBILIDAD PARA EVITAR EL PELIGRO	
Ninguna (o difícilmente posible)	x
En algunas circunstancias (> 25% de los casos)	
En casi todas las circunstancias	

Por último se evalúa la capacidad de mitigar los riesgos, y con base en este resultado se reevalúan los resultados obtenidos de la RAM.

Continuación figura 33. Proceso de valoración de consecuencias (Matriz RAM).

CLASIFICACIÓN RAM ECOPETROL CONSECUENCIAS PERSONAS	4
---	----------

CONSECUENCIAS						PROBABILIDAD				
Personas	Economica	Ambiental	Clientes	Imagen de la Empresa		A No ha ocurrido en la Industria	B Ha ocurrido en la Industria	C Ha ocurrido en la Empresa	D Sucede varias veces al año en la Empresa	E Sucede varias veces al año en la Unidad, Superintendencia o Departamento
Una o mas fatalidades	Catastrofica > \$10M	Contaminación Irreparable	Veto como proveedor	Internacional	5	M ●	M ●	H ●	H ●	VH ●
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Contaminación Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L ●	M ●	M ●	H ●	H ●
Incapacidad temporal (>1 día)	Severo \$100k a \$1M	Contaminación Localizada	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N ●	L ●	M ●	M ●	H ●
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10k a \$100k	Efecto Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N ●	N ●	L ●	L ●	M ●
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal <\$10k	Efecto Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N ●	N ●	N ●	L ●	L ●
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N ●	N ●	N ●	N ●	N ●

Fuente: ECOPETROL S.A.

Según lo obtenido del proceso de valoración el puntaje dada la matriz RAM para el SC1301 es 4 por ende el equipo se considera **crítico** para ASP.

8.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS CRITICOS SIGUIENDO LA METODOLOGÍA RPN (RISK PRIORITY NUMBER: NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO)

8.4.1 Metodología RPN: Esta metodología tomada del análisis FMEA (Failure mode and effects analysis: Análisis de modos de falla y efectos) consiste en evaluar bajo tres criterios establecidos la criticidad de un equipo en cuanto al riesgo y su impacto de falla:

- Severidad
- Facilidad de detección
- Ocurrencia o susceptibilidad de falla-Probabilidad

Cada criterio esta subdividido para ayudar a guiar el proceso de clasificación como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Criterios selección criticidad por RPN

LISTA RPN1	
Severidad	
5CATASTROFICA	10
4GRAVE	8
3SEVERO	6
2IMPORTANTE	4
1MARGINAL	2
0NINGUNA	-
LISTA RPN3	
Facilidad detección	
0N/A	0
1MUY ALTA	2
2ALTA	4
3MEDIA	6
4BAJA	8
5MUY BAJA	10
LISTA RPN2	
Ocurrencia o susceptibilidad de falla-Probabilidad	
0N/A	0
1IMPROBABLE (NO HA OCURRIDO EN GRB)	2
2OCASIONAL (1 FALLA EN ULTIMOS 10AÑOS)	4
3RELATIVAMENTE POCOS (1 FALLA CADA 5 AÑOS)	6
4FRECUENTES (ENTRE 1 Y 2 FALLAS POR AÑO)	8
5INEVITABLE (MAS DE 3 FALLAS/AÑO)	10

Fuente: ECOPETROL S.A.

El proceso es más sencillo que el de ASP y el análisis implicado es netamente cualitativo, comienza al reunir un grupo multidisciplinario con la experiencia y conocimiento suficiente del proceso y los equipos que intervienen en la producción de la planta, en este caso se elige una opción de cada criterio, y mediante un análisis histórico del equipo a tratar se debe identificar el modo de falla más frecuente del equipo, y se analiza la consecuencia generada por la falla del mismo y el impacto económico que conlleva, posteriormente como se puede observar en las tablas anteriores se analiza el equipo bajo los tres criterios observando que cada opción tiene un número que convierte el proceso de cualitativo a cuantitativo. Los números resultantes de cada criterio se deben multiplicar y si el factor resultante es mayor a 200 puntos se considera que el equipo es crítico por RPN.

8.4.2 Ejemplo proceso de selección de un equipo crítico por RPN: A continuación se sigue con la evaluación del compresor de la U1300 de la planta de Aromáticos, esta vez por la metodología RPN:

Compresor SC1301:

- Modo de falla: Falla mecánica, el modo más frecuente de falla de este compresor son las altas vibraciones debidas al desbalanceo del rotor por la acumulación de sales o desalineamientos.
- Consecuencia por falla del sistema: la falla del compresor SC 1301 genera la APAGADA de U1300 UNIFINING, PLATFORMING, U1600 y U1700.
- Impacto económico probable: US\$110000/día.
- Frecuencia del suceso: El compresor SC1301 es un equipo muy confiable debido a que posee pocas piezas móviles, y su falla es muy poco frecuente, además posee sistemas de monitoreo electrónico que permite predecir su falla y evitar acciones de mantenimiento correctivo.
- RPN1 (Severidad): Nivel 4 (grave) → su Valoración es 8
- RPN2 (Probabilidad del evento): Nivel 3(Relativamente pocos) → su Valoración es 6

- RPN3 (Facilidad de detección): Nivel 3(Media) → su Valoración es 6

Como se puede observar se obtuvo los siguientes factores:

RPN1=8, RPN2=6, RPN3=6,

Ahora el siguiente paso es multiplicar estos factores

$$RPN = RPN1 * RPN2 * RPN3 = 8 * 6 * 6 = 288$$

Ya que el puntaje RPN es superior a 200 puntos, el equipo se considera crítico por RPN.

El proceso de selección bajo ambas metodologías se llevó a cabo para todos los equipos rotativos del departamento, a continuación se muestran dos tablas que contienen los equipos críticos y su resultado de selección:

Tabla 14. EQUIPOS CRÍTICOS PARA ASP Y POR RPN DEL DEPARTAMENTO DE PETROQUÍMICA GRB ECOPETROL S.A.

EQUIPOS CRÍTICOS AROMÁTICOS		
EQUIPO	Puntaje RPN	Crítico para ASP
SP1602A/B	128	SI
SP1603A/B	64	SI
SP1701A	128	SI
SP1702	128	SI
SC1301	288	SI
SC1601A/B	256	SI
SC1702	120	SI

EQUIPOS CRÍTICOS POLIETILENO		
EQUIPO	Puntaje RPN	Crítico para ASP
SC2201/02	288	SI
SC2203	288	SI
SC2204	288	SI
SC2251/52	288	SI
SC2253	288	SI
SC2261A/B	256	NO
SCU2201	256	NO
SCU2251	256	NO
SEA2217/18	96	SI
SEA2227/46	96	SI
SEX2201	216	NO
SEX2251	288	NO
SP2252A/F	400	SI
SP2202A/F	400	SI
SR2201	480	SI
SR2251	640	SI
SUF2201	192	SI
SUF2207	192	SI
SUF2255	192	SI
SUF2261	96	SI
SX2207	240	NO
SX2255	360	NO

Fuente: Los autores

8.5 SELECCIÓN DE EQUIPOS QUE MAS IMPACTO HAN GENERADO A LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE PETROQUÍMICA GRB ECOPETROL S.A.

Este análisis consiste en el estudio de los históricos de falla de los últimos 8 años de equipos rotativos que han generado paradas de planta, tanto para mantenimiento preventivos como por fallas inesperadas que conllevaron a la parada de las plantas.

Para esto se deben descargar los datos históricos de cada una de las unidades que conforman las plantas del departamento de petroquímica. ECOPETROL S.A. posee una aplicación online denominada RIS disponible en el intranet (IRIS) de la empresa en donde se registran todos los eventos de paradas de planta (shutdowns) y los eventos que llevaron a las mismas.

Los datos históricos de shutdowns fueron descargados para cada planta durante un periodo de 8 años tomando como fecha inicial el 22 de Septiembre de 2006 hasta el 22 de septiembre de 2014, estos datos fueron tratados en el software Microsoft Office Excel donde fueron organizados y clasificados de tal manera que los eventos de falla debidos a equipos rotativos quedaran separados de los demás, posteriormente se estudió cuidadosamente la descripción de cada evento para identificar los equipo que generaron cada parada de planta.

Una vez se identificaron todos los equipos involucrados con los shutdowns del periodo en estudio, se procedió a extraer de los históricos el total de días de parada generados por cada equipo y la frecuencia de falla, para posteriormente poder tratar los datos obtenidos mediante un análisis de Pareto.

Paralelamente se investigaron los precios actuales de los productos producidos por las plantas del departamento y las ratas de producción (datos mostrados en la tabla 15) de cada una para poder definir el impacto económico generado por las paradas no programadas, **se destaca que los productos de corrientes**

intermedias no se tienen en cuenta para calcular el lucro cesante ya que no son comercializados como productos finales.

Tabla 15. Ratas de producción y precios productos del departamento de petroquímica GRB ECOPETROL S.A

Precios y producciones mes de Octubre de 2014			
Productos aromáticos	Produccion en BPD	Precio por barril en US\$	US\$ 1 Dia de producción
GLP	860	21.7	---
Nafta liviana	1440	84.9	---
Rafinado	2280	84.9	---
Platformado	532	90.8	---
Varsol	0	123.96	0
Virginoil	2394	104.3	---
Benceno	285	196	---
Ciclohexano	420	131	---
Benceno/tolueno	624	167.5	---
Tolueno	1024	139	142336
Xilenos	932	167.1	155737.2
Ortoxileno	155	145.5	22552.5
C9's	302	146.5	---
Extracto	1400	122.5	---
Nafta de carga a unifining	1150	58.5	---
Polietileno prime	800	243.3	194640
Polietileno FE/SCRAP	200	243.3	48660
		Total	563925.7

Fuente: Los autores con la guía del líder de costos del departamento Jorge Aragón Quintero

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los históricos de falla con su respectivo impacto económico.

Tabla 16. Análisis datos históricos de falla departamento de petroquímica GRB ECOPETROL S.A.

U1300 Platforming							
Equipo	Frecuencia	Dias de parada	Afectación BPD			Costos Lucro Cesante US\$	Porcentaje
			Nafta liviana	Nafta pesada	Varsol		
MP1311C	1	0.97	1396.8	2322.18	0	0	6.75%
SC1301	3	13.39	19281.6	32055.66	0	0	93.25%
Total		14.36	20678.4	34377.84	0	0	100.00%

U1300 Prefraccionamiento					
Equipo	Frecuencia	Dias de parada	Afectación BPD	Costos Lucro Cesante US\$	Porcentaje
			Nafta de carga a Unifining		
SC1301	2	6	6900	0	100%

U1300 Unifining						
Equipo	Frecuencia	Dias de parada	Afectación BPD		Costos Lucro Cesante US\$	Porcentaje
			GLP	Platformado		
SP1311	1	0.88	756.8	468.16	0	6.17%
SC1301	3	13.39	11515.4	7123.48	0	93.83%
	Total	14.27	12272.2	7591.64	0	100.00%

U1400 Sulfolane						
Equipo	Frecuencia	Dias de parada	Afectación BPD		Costos Lucro Cesante US\$	Porcentaje
			Rafinato	Extracto		
SP1407B	1	0.8	1824	1120	0	6.17%
SP1407A	1	0.25	570	350	0	1.93%
SP1405B	1	1.27	2895.6	1778	0	9.80%
SC1301	2	10.64	24259.2	14896	0	82.10%
	Total	12.96	29548.8	18144	0	100.00%

U1500 Fraccionamiento								
Equipo	FRECUENCIA	DIAS P.	Afectación BPD				Costos Lucro Cesante US\$	Porcentaje
			Benceno	Tolueno	Xilenos	C9's		
SP1407A	1	0.19	54.15	194.56	177.08	57.38	60918.883	1.60%
SP1502B	1	0.16	45.6	163.84	149.12	48.32	51300.112	1.35%
SP1407B	1	0.42	119.7	430.08	391.44	126.84	134662.794	3.54%
SP1407A	1	0.13	37.05	133.12	121.16	39.26	41681.341	1.09%
SP1402A	1	0.29	82.65	296.96	270.28	87.58	92981.453	2.44%
SC1301	2	10.69	3046.65	10946.56	9963.08	3228.4	3427488.733	89.98%
	Total	11.88	3385.8	12165.12	11072.16	3587.8	3809033.316	100.00%

U1600 Hydeal

Equipo	Frecuencia	Dias de parada	Afectación BPD	Costos Lucro Cesante US\$	Porcentaje
			Benceno/tolueno		
SC1601B	19	33.15	20685.6	0	44.06%
SC1601A	8	9.34	5828.16	0	12.41%
SP1311C	2	3.72	2321.28	0	4.94%
SP1601B	6	9.6	5990.4	0	12.76%
SC1301	3	19.2	11980.8	0	25.52%
SP1601A	1	0.23	143.52	0	0.31%
Total		75.24	46949.76	0	100%

U1700 Hydrar

Equipo	Frecuencia	Dias de parada	Afectación BPD	Costos Lucro Cesante US\$	Porcentaje
			Ciclohexano		
SC1601B	18	61.8	25956	0	63.75%
SP1705A	1	0.13	54.6	0	0.13%
SC1601A	6	12.24	5140.8	0	12.63%
SP1311C	1	1.38	579.6	0	1.42%
SC1301	3	19.12	8030.4	0	19.72%
SP1706A	2	2.27	953.4	0	2.34%
Total		96.94	40714.8	0	100.00%

U2200 Polietileno I

Equipo	Frecuencia	Dias de parada	Afectación BPD		Costos Lucro Cesante US\$	Porcentaje
			Polietileno prime	Polietileno FE/SCRAP		
SP2202C	2	0.2	40	10	12165	0.17%
SP2202D	1	0.01	2	0.5	608.25	0.01%
SC2204	7	21.7	4340	1085	1319902.5	18.51%
SP2202A	7	1.12	224	56	68124	0.96%
SR2201	1	75.94	15188	3797	4619050.5	64.76%
SC2201/02	2	1.43	286	71.5	86979.75	1.22%
SC2201	1	5.29	1058	264.5	321764.25	4.51%
SCU2201	3	8.14	1628	407	495115.5	6.94%
SP2217	1	0.56	112	28	34062	0.48%
SC2203	1	0.27	54	13.5	16422.75	0.23%
SP2207	1	0.16	32	8	9732	0.14%
SEX2201	2	2.3	460	115	139897.5	1.96%
Total		117.26	23424	5856	7123824	100.00%

U2250 Polietileno II						
Equipo	Frecuencia	Días de parada	Afectación Toneladas		Costos Lucro Cesante US\$	Porcentaje
			Polietileno prime	Polietileno FE/SCRAP		
SP2252C	5	0.5	300	75	91237.5	0.32%
SC2251/52	12	21.85	13110	3277.5	3987078.75	13.90%
SP2252B	29	1.92	1152	288	350352	1.22%
SP2252A	24	1.92	1152	288	350352	1.22%
SP2252E	1	0.01	6	1.5	1824.75	0.01%
SP2260/61	1	1.32	792	198	240867	0.84%
SP2251D	1	0.01	6	1.5	1824.75	0.01%
SR2201	1	0.01	6	1.5	1824.75	0.01%
SP2251A	1	0.02	12	3	3649.5	0.01%
SR2251	8	51.4	30840	7710	9379215	32.70%
SEX2251	7	9.69	5814	1453.5	1768182.75	6.16%
SC2251/52	4	1.49	894	223.5	271887.75	0.95%
SP2252D	6	0.49	294	73.5	89412.75	0.31%
CU2251	2	0.09	54	13.5	16422.75	0.06%
SC2253	12	60.19	36114	9028.5	10983170.25	38.29%
MX2255	4	4.56	2736	684	832086	2.90%
X2256	1	0.12	72	18	21897	0.08%
SC2259A	1	0.25	150	37.5	45618.75	0.16%
SAL2252	1	1.09	654	163.5	198897.75	0.69%
MAL2252	1	0.24	144	36	43794	0.15%
SX2256	1	0.02	12	3	3649.5	0.01%
Total		157.19	94314	23578.5	28683245.25	100.00%

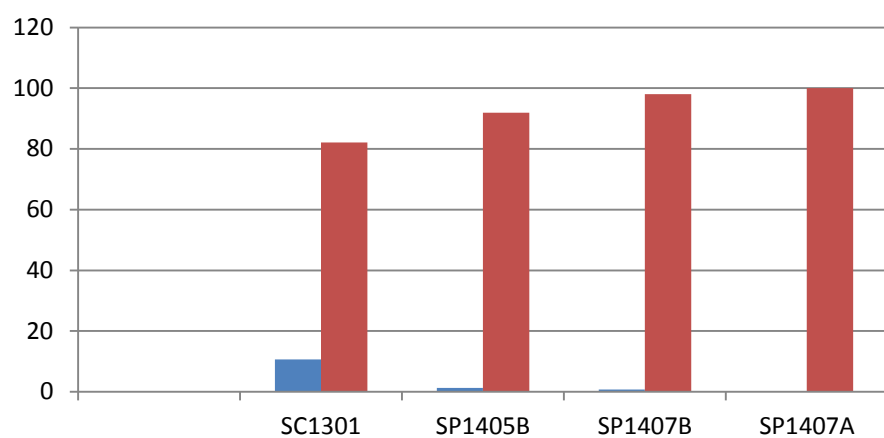
Fuente: Los autores

Con el fin de usar una herramienta que permita seleccionar adecuadamente los equipos críticos por afectación a la disponibilidad operacional, se lleva a cabo la realización de diagramas de Pareto a cada unidad por separado, para de esta forma identificar el equipo que más paradas de planta ha generado en los últimos 8 años, bajo el concepto propuesto por Pareto de que el 20% de las causas generan el 80% de los problemas.

Tabla 17. Diagramas de Pareto

UNIDAD	DIGRAMA DE PARETO									
U1300 Platforming	A Pareto chart for the U1300 Platforming unit. The y-axis represents both 'Dias de parada' (Days of stoppage) and 'Porcentaje acumulado' (Cumulative percentage), ranging from 0 to 120. The x-axis lists two compressors: SC1301 and SP1311C. For SC1301, the 'Dias de parada' bar is at 6 and the 'Porcentaje acumulado' bar is at approximately 93. For SP1311C, the 'Dias de parada' bar is very low (around 1) and the 'Porcentaje acumulado' bar is at 100. <table><tr><th>Compressor</th><th>Dias de parada</th><th>Porcentaje acumulado</th></tr><tr><td>SC1301</td><td>6</td><td>93</td></tr><tr><td>SP1311C</td><td>1</td><td>100</td></tr></table>	Compressor	Dias de parada	Porcentaje acumulado	SC1301	6	93	SP1311C	1	100
Compressor	Dias de parada	Porcentaje acumulado								
SC1301	6	93								
SP1311C	1	100								
U1300 Prefracccionamiento	Solo el compresor SC1301 generó paradas de esta unidad por una cantidad total de 6 días.									
U1300 Unifining	A Pareto chart for the U1300 Unifining unit. The y-axis represents both 'Dias de parada' (Days of stoppage) and 'Porcentaje acumulado' (Cumulative percentage), ranging from 0 to 120. The x-axis lists two compressors: SC1301 and SP1311. For SC1301, the 'Dias de parada' bar is at 14 and the 'Porcentaje acumulado' bar is at approximately 94. For SP1311, the 'Dias de parada' bar is very low (around 1) and the 'Porcentaje acumulado' bar is at 100. <table><tr><th>Compressor</th><th>Dias de parada</th><th>Porcentaje acumulado</th></tr><tr><td>SC1301</td><td>14</td><td>94</td></tr><tr><td>SP1311</td><td>1</td><td>100</td></tr></table>	Compressor	Dias de parada	Porcentaje acumulado	SC1301	14	94	SP1311	1	100
Compressor	Dias de parada	Porcentaje acumulado								
SC1301	14	94								
SP1311	1	100								

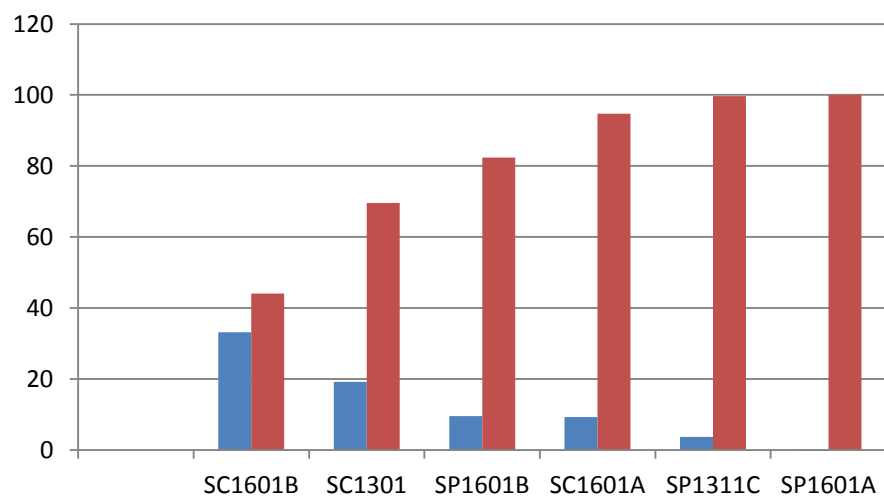
**U1400
Sulfolane**



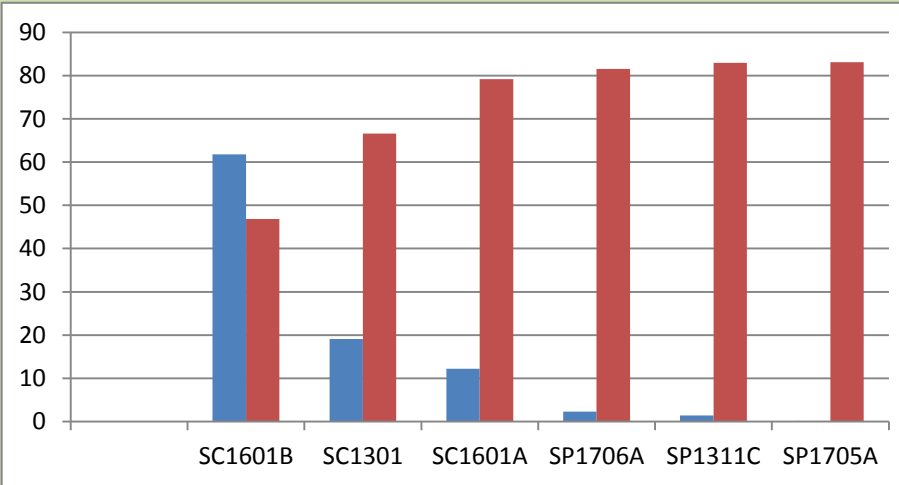
**U1500
Fraccionamiento**



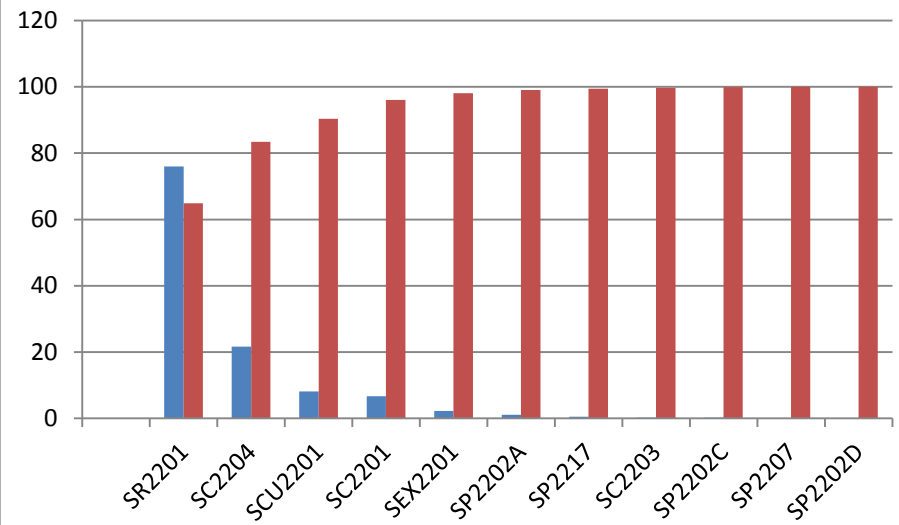
U1600 Hydeal

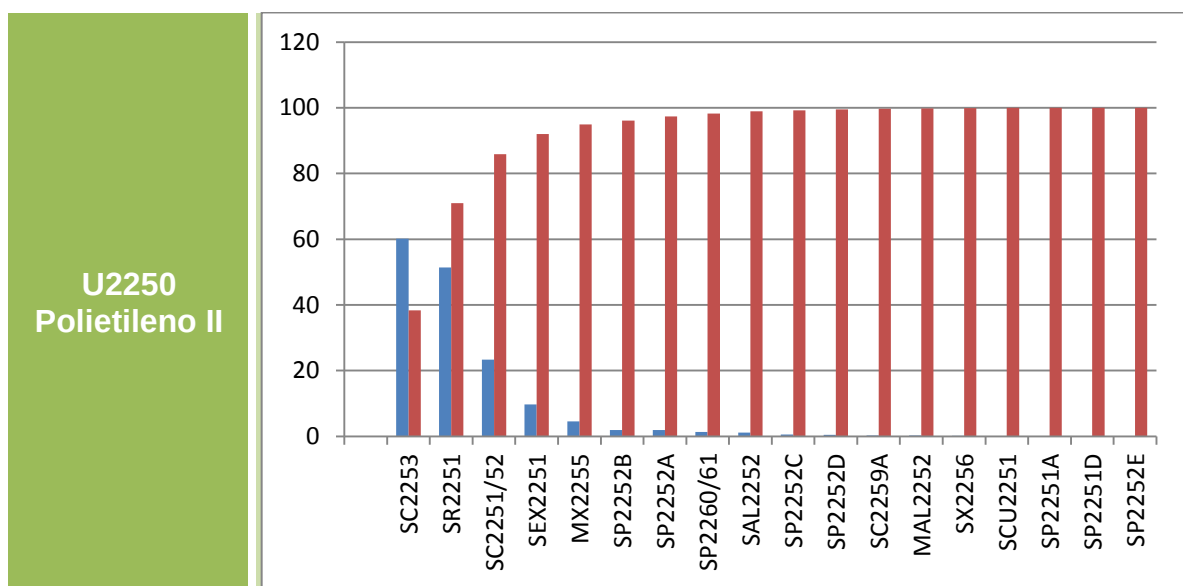


U1700 Hydrar



U2200 Polietileno I





Fuente: Los autores

Del análisis Pareto realizado se pueden seleccionar finalmente los equipos con más frecuencia de falla y que han impacto de manera más significativa la disponibilidad operacional de las plantas del departamento de petroquímica, a continuación se organizan en la tabla 18 los equipos seleccionados.

Tabla 18. Equipos críticos por afectación a la disponibilidad operacional

EQUIPO	UNIDAD AFECTADA	PORCENTAJE DE IMPACTO
SC1301	U1300 Platforming	93.25
SC1301	U1300 Prefraccionamiento	100
SC1301	U1300 Unifining	93.83
SC1301	U1400 Sulfolane	82.098
SC1301	U1500 Fraccionamiento	89.98
SC1601B	U1600 Hydeal	44.06
SC 1301	U1600 Hydeal	25.52
SC1601B	U1700 Hydrar	63.75
SR2201	U2200 Polietileno I	64.76

SC2204	U2200 Polietileno I	18.51
SC2253	U2250 Polietileno II	38.14
SR2251	U2250 Polietileno II	32.6
SC2251/52	U2250 Polietileno II	13.84

Fuente: Los autores

8.6 EQUIPOS CRÍTICOS PILOTO SELECCIONADOS PARA EL ENFOQUE DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

Finalmente la meta principal del análisis realizado anteriormente, para seleccionar los equipos críticos siguiendo distintas metodologías, es la definición de los equipos foco en los cuales se deben concentrar los esfuerzos del desarrollo de la estrategia de mantenimiento para cumplir con el objetivo principal de este proyecto de grado el cual es el de aumentar la disponibilidad operacional de la plantas del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A, a continuación, basándose en la selección realizada siguiendo las metodologías propuestas se especifican los equipos de enfoque para la estrategia de mantenimiento, ver tabla 19.(Siguiendo página).

Tabla 19. Equipos críticos bajo las tres metodologías de selección

EQUIPO	TIPO DE EQUIPO	UNIDAD
SC1301	Compresor centrífugo	U1300
SC1601B	Compresor reciprocante	U1600
SC2201/02	Compresor reciprocante	U2200
SC2204	Compresor reciprocante Hyper	U2200
SC2251/52	Compresor reciprocante	U2250
SC2253	Compresor reciprocante Hyper	U2250
SR2201	Reactor	U2200

SR2251	Reactor	U2250
SP2252A/F	Bombas de desplazamiento positivo	U2250
SP2202A/F	Bombas de desplazamiento positivo	U2200

Fuente: Los autores

Concluyendo según los equipos seleccionados bajo los tres criterios de criticidad, la estrategia de mantenimiento debe ser enfocada en cuatro tipos de equipos:

- Compresores centrífugos
- Compresores reciprocantes
- Compresores hyper
- Reactores de polietileno
- Bombas de desplazamiento positivo

Para ejemplificar el proceso de desarrollo de la estrategia de mantenimiento y su posterior gestión se toman tres equipos piloto los cuales serán analizados bajo la metodología RCM seguida por ECOPETROL S.A., a continuación se enuncian los equipos seleccionados y las razones por las cuales fueron elegidos:

8.6.1 Polietileno I: Reactor SR2201, se elige este equipo debido a que es el equipo que más ha impactado la disponibilidad operacional de la planta de polietileno I con un porcentaje del 64.76% del total de días de parada no programada generadas por equipo rotativo, además es un equipo único y fundamental en el proceso de producción de polietileno, este equipo resulto ser crítico bajo las tres metodologías aplicadas en este proyecto de grado. Es de destacar que los reactores SR2201 y SR2251 son idénticos, por tanto la estrategia y FACI desarrollados son útiles para ambos equipos.

8.6.2 Polietileno II: Para esta planta se escoge el compresor hyper SC2253, este equipo es el encargado de llevar el etileno hasta la presión de polimerización (18000 psig), se elige este equipo debido a que es el equipo más complejo que interviene en el proceso de producción de polietileno y además ha generado el mayor número de paradas de la planta de polietileno II (38.14% del total de días de parada por equipo rotativo), resaltando que este equipo resulto ser crítico bajo las tres metodologías aquí desarrolladas. El compresor SC2253 es un equipo de compresión tipo hyper muy similar a los compresores SC2203 y SC2204, es por esta razón que estos tres equipos pueden agruparse dentro de una misma familia de activos y la estrategia de mantenimiento a realizar puede usarse para los tres dispositivos, denotando que se deben definir los equipos auxiliares (bombas de lubricación de cárter, bombas de refrigeración de glándulas y bombas manzel de lubricación de cilindros) para cada caso.

8.6.3 Aromáticos: Como se explicó anteriormente la planta de aromáticos cuenta en su gran mayoría con equipos rotativos de bombeo por acción centrífuga, pero es de resaltar que la mayoría de las bombas de la planta poseen un equipo redundante o de respaldo que entra a operar en caso de que el otro falle o viceversa, y como se puede observar en el análisis de la disponibilidad operacional realizado, las bombas centrífugas no han generado un impacto muy notable en la disponibilidad operacional de las unidades de la planta de aromáticos; Para el análisis a desarrollar en este proyecto de grado se escoge el compresor centrífugo SC1301, el cual si ha generado un gran impacto a la disponibilidad operacional del departamento de petroquímica y es además crítico en el proceso de producción de aromáticos, destacando también que fue identificado como crítico bajo las tres metodologías de criticidad realizadas en el presente proyecto de grado.

9 ANÁLISIS DE RCA'S EQUIPOS PILOTO

Para los equipos pilotos seleccionados se encontró que ya fueron expuestos a un análisis de causa raíz en el pasado, donde se reunió un grupo interdisciplinario conformado por ingenieros especialistas, operadores, ingenieros de proceso e ingenieros de confiabilidad, quienes a lo largo de un periodo extenso de tiempo se dedicaron a identificar los modos y causas de falla para llegar a determinar las causas raíces que generan la mayor parte de los problemas de estos equipos.

En este proyecto de grado no se busca repetir el proceso de análisis de causa raíz, la idea principal es la de recopilar y analizar los documentos RCA's de cada equipo piloto para extraer de allí los modos de falla, y las conclusiones obtenidas para posteriormente plantear las alternativas de solución y estructurarlas en la estrategia de mantenimiento, además se espera también extraer un listado de fallas de administración ajenas al equipo para posteriormente proponer recomendaciones de mejora.

9.1 METODOLOGÍA ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ (RCA)

La metodología de análisis de causa raíz es una herramienta del mantenimiento centrado en la confiabilidad que permite detectar y reparar un problema o falla en un equipo que presenta inconvenientes repetitivos que con el mantenimiento común no es posible resolver.

A continuación se especifican los pasos fundamentales de esta metodología, esto con el fin de dar una base y una introducción que ayude en el entendimiento del posterior análisis realizado a los RCA'S elaborados en ECOPETROL S.A para los equipos críticos del departamento de petroquímica GRB seleccionados como piloto para el desarrollo del presente proyecto de grado.

9.1.1 Captura del incidente: En esta paso inicial se busca identificar que incidente motivó el estudio RCA, precisando los sucesos, el sistema, proceso u objeto que fue afectado, la planta donde sucedió, de qué manera sucedió, que consecuencia tuvo y el impacto económico, a las personas, al ambiente, a la imagen y a los clientes causado por el incidente. Una vez se identifica correctamente el incidente, el paso a seguir consiste en realizar una valoración del riesgo y el impacto usando la matriz RAM (ver numeral 4.1).

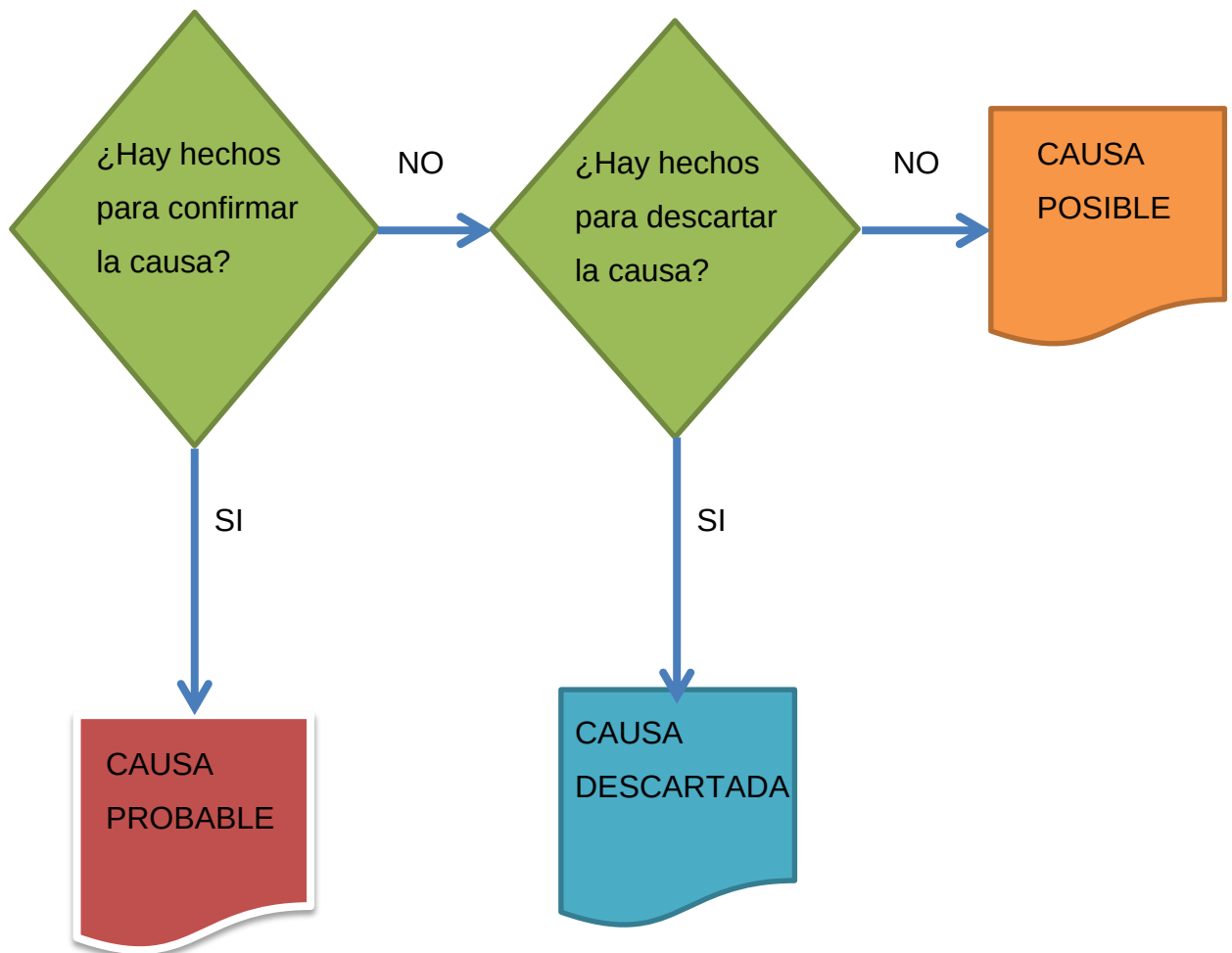
9.1.2 Análisis del problema: En esta fase se busca descomponer una situación compleja en partes sencillas y manejables de fácil análisis, comienza por la identificación del problema mediante su redacción específica, en donde se integran el desempeño esperado del sistema a analizar, el desempeño actual, y el impacto generado.

Una vez se redacta adecuadamente el problema, se lleva a cabo una línea de tiempo basado en los reportes de falla del sistema o equipo a analizar en un periodo de tiempo dado, en donde se relaciona la fecha en que ocurrió la falla, los costos que conllevó, los modos de falla del evento y por último el componente que causó el evento. Finalmente se extraen los modos de falla y se grafica la frecuencia en un histograma para observar la tendencia y finalmente identificar el problema.

9.1.3 Análisis de la causa raíz:

En este paso se realiza un árbol de falla en donde se enuncian una a una las causas que pueden generar el problema identificado y se clasifican como posibles, probables o descartadas como raíces.

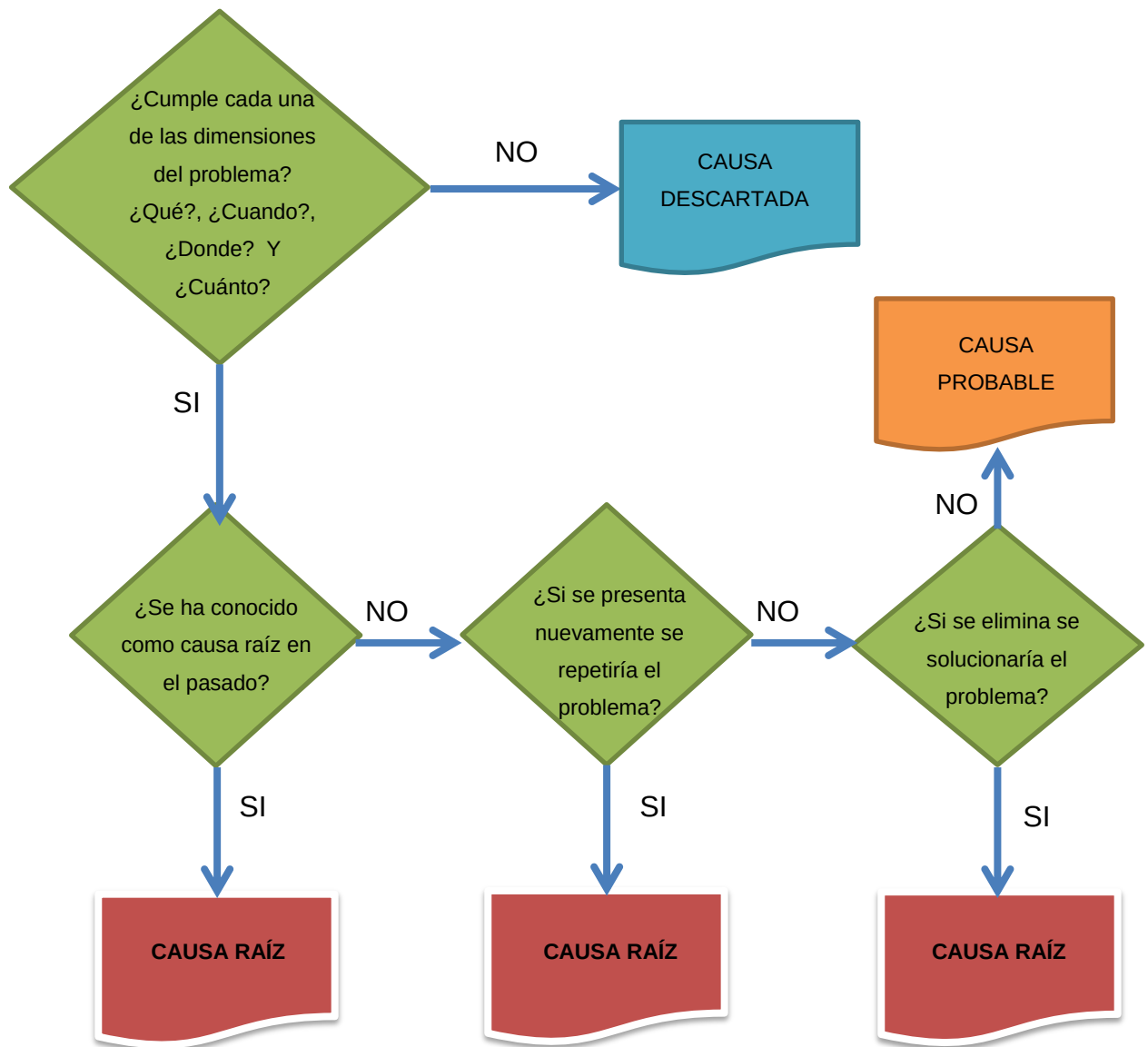
Figura 34. Diagrama de flujo clasificación de causas



Fuente: Los autores

Una vez realizado el árbol de falla se realiza una tabla en donde se enuncia cada causa propuesta y se valida mediante evidencia específica, y siguiendo el diagrama de flujo de la figura 34 se clasifican, tomando las causas probables y descartando el resto. Posteriormente se tabulan las causas probables y siguiendo el diagrama de flujo de la figura 35 para cada causa probable se establecen las causas raíces.

Figura 35. Diagrama de flujo selección de causas raíces.



Fuente: Los autores

9.1.4 Desarrollo de soluciones: En esta etapa se realiza un análisis de las posibles soluciones a cada una de las causas raíces y se tabulan. A las alternativas de solución de cada una de las causas raíces se le da una identificación numérica o alfabética, y se procede a relacionar todas las soluciones

en un enunciado estableciendo el orden según la identificación dada, por tanto al final de este proceso se van a tener diferentes alternativas de solución generales para cada causa raíz.

Una vez definidas las alternativas, se establecen los criterios generales relevantes, con los que se elige la alternativa de solución que conduce de manera más eficaz a la meta que en últimas busca solucionar la causa raíz.

Por último se establece un plan en el cual se estructura y programan las tareas necesarias para desarrollar la alternativa elegida a través de los procesos de gestión.

A continuación se realiza un estudio de los RCA's realizados a partir del 2009 de los equipos piloto seleccionados, con el fin de extraer: las causas raíces encontradas y las alternativas de solución

9.2 ANÁLISIS Y EXTRACCIÓN DE CAUSAS RAÍCES Y SOLUCIONES RCA SC1301 (AROMÁTICOS)

A continuación se enuncian los documentos recopilados de análisis RCA para el compresor SC1301 de la unidad U1300 de la planta de aromáticos y se explican los propósitos que condujeron a los mismos.

- Investigaciones:
 - **5 de junio de 2012:** Durante la segunda etapa del proceso de regeneración realizado en el 5 de junio durante la parada para mantenimiento preventivo, se arranca el compresor pero el sistema de monitoreo Bentley genera el corte y apagado del equipo tras detectar altos valores de vibración radial en el rotor lado empuje, en donde alcanzó un valor de 8.7 milésimas de pulgada.

De esta investigación se pueden extraer los siguientes aspectos relevantes:

Luego de presentar la falla, se procede a inspeccionar el equipo y se encuentra que los drenajes del compresor se encontraban tapados, ya que a pesar de que el compresor se encontraba presionado una vez se abrieron los drenajes no hubo fuga, durante la parada para mantenimiento preventivo al compresor no se le realizó ninguna actividad de mantenimiento. Con el fin de asegurar la confiabilidad de los sistemas auxiliares y el compresor, se realizó el cambio de filtros de aceite y filtros de gas de los sellos secos así como el mantenimiento preventivo a la turbina NP1317C del sistema de lubricación.

Una vez realizado el análisis de causa raíz al inconveniente, se concluye que las altas vibraciones del equipo se presentaron por la acumulación de sales resultantes de la compresión, acumuladas sobre el rotor lo que generó su desbalanceo, como causas raíces se establece una mala operación de regeneración en donde se permitió la entrada de aire húmedo al compresor, y aunque las sales generadas en el compresor son inofensivas cuando están secas, al exponerlas al aire húmedo absorben la humedad y se vuelven corrosivas inclusive para el acero inoxidable, además su acumulación hizo que los drenajes se taparan impidiendo el correcto funcionamiento del equipo. Otra causa raíz encontrada fue que en las actividades del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad no se incluían limpiezas programadas a los drenajes del compresor cuando este fuese sacado de servicio por mantenimiento o regeneración, para evitar la acumulación de sales corrosivas en su interior.

Como alternativa solución se propone evaluar la factibilidad de la utilización de fuentes de aires secos cuando se realiza el proceso de regeneración, actualizar los procedimientos de preservación del compresor durante los procesos de regeneración y el tiempo fuera de servicio, y por último actualizar el plan de mantenimiento incluyendo actividades de limpieza y lavado de los internos y drenajes del compresor.

9.3 ANÁLISIS Y EXTRACCIÓN DE CAUSAS RAÍCES Y SOLUCIONES RCA SR2201 (POLIETILENO I)

- Investigaciones:

- **15 de julio de 2009:** Se registra ruido anormal y un aumento en el nivel de vibraciones de la zona fondo del reactor, combinado a la inestabilidad de la presión y la temperatura en las tres zonas de reacción (cima, medio y fondo), se encuentran incrustaciones metálicas en los pellets de polietileno, se procede a sacar de servicio la planta tras presumir que el rodamiento radial de fondo falló.

De esta investigación se pueden extraer los siguientes aspectos relevantes:

El rodamiento radial de fondo del reactor está diseñado para operar confiablemente durante un periodo continuo de 8000 horas, luego de la operación intermitente del reactor por 1497 horas éste falla generando la parada de la planta de polietileno I por indisponibilidad del reactor.

Las causas raíces encontradas son: Malos procedimientos de retiro e instalación del rodamiento radial de fondo debido a la falta de experiencia del equipo de montaje de la empresa contratista.

Se concluye como alternativa de solución la revisión del procedimiento de armado y desarmado del reactor verificando la correcta instalación del rodamiento radial de fondo y la capacitación y entrenamiento del personal de mantenimiento en los procedimientos de mantenimiento para la reparación de los reactores de polimerización de las plantas de polietileno. También se recomienda definir valores para la curva base de vibración en los rodamientos de medio y fondo para posteriores análisis.

- **5 de Diciembre de 2010:** Tras detectar un aumento en las vibraciones de fondo del reactor SR2201, se decide sacar de servicio la planta tras una inminente falla del rodamiento.

De esta investigación se pueden extraer los siguientes aspectos relevantes:

Después de varias operaciones no programadas de parada y arrancada del reactor se detecta un aumento en la presión del mismo desde 18080 psig hasta 19218 psig con tendencia aumentar, posteriormente se detectan altos valores de vibración en el fondo del reactor, por lo que se decide detener la unidad pues se preveía una inminente falla del rodamiento de fondo del agitador del reactor.

Una vez se inspecciona el equipo se encuentran residuos de polietileno en el motor del agitador, y taponamientos de partículas de bronce en la válvula PICV2201, luego del desmontaje del rodamiento de fondo se encuentra la canastilla fracturada, y varias marcas de ralladura en los rodillos, los rodamientos axiales de fondo se encontraron con desgastes inadecuados en el cuerpo de los rodillos cónicos.

Como causas raíces se definen:

Insuficiencia de información para la determinación de las variables adecuadas y procedimientos específicos a controlar durante el proceso de preservación de la planta mientras se encuentra fuera de servicio.

El sistema de monitoreo de vibraciones no provee información para la predicción de fallas de los rodamientos durante la operación normal ya que no se tienen espectros de frecuencias con los cuales se pueda observar el nivel de daño en los componentes.

Los rodamientos instalados en el reactor son los recomendados por el fabricante, sin embargo se debe validar las especificaciones de los rodamientos FAG ya que el fabricante del reactor recomienda rodamientos con canastilla de bronce maquinado, y según lo revisado en la nomenclatura FAG los rodamientos instalados poseen canastilla de latón.

Las alternativas de solución propuestas son: Verificar las especificaciones de desempeño de los rodamientos radiales del proveedor actual y el proveedor original. Realizar la evaluación técnico-económica de la implementación de tecnología en sistemas de monitoreo para reactores de polimerización autoclave. Realizar procedimiento de preservación de las plantas cuando se encuentran fuera de servicio. Realizar evaluación técnico-económica para la implementación de tecnología existente en rodamientos para reactores de polimerización autoclave.

- **18 de Septiembre de 2011:** Se presenta un aumento en la presión del reactor hasta 20224 psig, lo que incremento el porcentaje de apertura de la válvula extrusora hasta un 46%, se revisaron las vibraciones del equipo pero estas no tuvieron cambios significativos, sin embargo se opta por sacar de servicio la planta.

De esta investigación se pueden extraer los siguientes aspectos relevantes:

Una vez se saca de servicio la planta y se procede a inspeccionar el reactor se encuentran en el PRC trozos metálicos de una arandela de la abrazadera central, se concluye que el presionamiento del reactor se produjo debido a esta obstrucción, una vez se verifico el estado de la abrazadera central se encontró que uno de los tornillos de los tornillos que ensamblan la abrazadera se encontraba sin tuerca, se realizó la búsqueda de la misma pero no fue encontrada, por lo que se concluye que la tuerca se soltó y se salió o no fue instalada.

Como causa raíz del evento se concluye que se llevaron a cabo actividades inadecuadas de mantenimiento, y como alternativa de solución se propone asegurar el seguimiento del total de los pasos del procedimiento de reparación de la abrazadera central.

- **1 de Mayo de 2012:** Aumenta la presión en el reactor SR2201 desde 18370 psig hasta 20370 psig lo que genera la apertura desde 36% hasta 46% de la válvula extrusora, paralelamente se observa un incremento en las vibraciones del

rodamiento radial de fondo y como medida de precaución se decide apagar la unidad.

De esta investigación se pueden extraer los siguientes aspectos relevantes:

Una vez se saca de servicio la planta se procede a inspeccionar el reactor y se encuentra la canastilla del rodamiento radial de fondo fracturada, como causa raíz del incidente se concluye que la planta es arrancada y detenida con procedimientos inadecuados, y su preservación durante el periodo fuera de servicio es incorrecta. También se encontró que los rodamientos recomendados por el fabricante de la actualización de internos realizada en 2008 no son los que se están instalando en el reactor debido a una incorrecta catalogación en ELLIPSE, por lo que se ha optado por seguir instalando los rodamientos que se usaban antes de la actualización de internos.

Como alternativas de solución se propone actualizar la guía de entrenamiento y simulacros de proceso de parada (normal y de emergencia) de los reactores de polimerización, mejorar la comunicación con la planta de etileno II para estar prevenidos ante inconvenientes operaciones para evitar paradas de emergencia, catalogar y comprar los rodamientos especificados por diseño. Evaluar la alternativa de implementar una nueva tecnología de chumaceras Robustus para la aplicación en reactores de polimerización autoclave.

○ **28 de Noviembre de 2012:** Ocurre falla en el reactor luego de la puesta en servicio tras la implementación de las chumaceras Robustus en los reactores de polietileno.

De esta investigación se pueden extraer los siguientes aspectos relevantes:

Una vez instalada la nueva tecnología de chumaceras Robustus en los reactores se inició el arranque de la unidad de polietileno I, se inicia a presionar el reactor a 6000 psig y se procede a poner por etapas las bombas de iniciador, una vez estabilizadas se monitorea el motor del agitador del reactor a la espera de posible

eventualidades, se registra un corriente de 250 amperios, pero luego de un periodo corto de tiempo empieza a incrementar hasta que se dispara a una valor de 600 amperios (máximo valor leído por el rango del instrumento) momento en el cual se descompone el reactor.

Las causas raíces detectadas son el diseño incompleto, ya que no se tuvieron en cuenta las condiciones críticas de arrancada en donde hay una lubricación deficiente y procedimientos inadecuados ya que no se elaboraron procedimientos de montaje de las chumaceras lo que conlleva a cometer errores. Como alternativa de solución se propone verificar en conjunto con el fabricante de las chumaceras que el diseño contemple todos los escenarios posibles de operación del sistema, y elaborar procedimientos para el montaje y mantenimiento de las chumaceras en conjunto con Robustus.

- **13 de Julio de 2014:** Se dispara una alarma por alta temperatura en la cima del reactor SR2201 y posteriormente se pierde la señal del sensor, se procede a sacar de servicio la unidad ya que no es posible operar el reactor sin esta medida. De esta investigación se pueden extraer los siguientes aspectos relevantes:

Una vez se realiza la inspección del reactor se encuentra que la abrazadera central esta desplazada de su posición axial, debido a que la tuerca que la ajusta se encontraba suelta por la falla de la arandela de seguridad. Como causas raíces se encuentra que la arandela de seguridad posee un inadecuado diseño o está siendo indebidamente reutilizada, y por otro lado se observa que el procedimiento de reparación del reactor no contempla los pasos de armado de la abrazadera central. Como acciones de solución se propone elaborar el procedimiento de armado de las abrazaderas centrales y anexarlo al procedimiento de armado del reactor, y reevaluar el diseño de las arandelas de seguridad o definir el tiempo en el cual deben ser reemplazadas.

9.4 ANÁLISIS Y EXTRACCIÓN DE CAUSAS RAÍCES Y SOLUCIONES RCA SC2253 (POLIETILENO II)

A continuación se enuncian los documentos recopilados de análisis RCA para el compresor SC2253 de la unidad de polietileno II y se explican los propósitos que condujeron a los mismos.

- Investigaciones:

- **6 de noviembre de 2012:** Se evidencia escape de gas y de aceite hacia la atmosfera en las glándulas¹⁵ de los cilindros 1A y 1B del compresor SC2253.

De esta investigación se pueden extraer los siguientes aspectos relevantes:

Una vez percibidas las fugas se opta por detener el equipo, posteriormente se realiza una prueba presionando el compresor hasta 12000 psi en donde se evidencian fugas de aceite y gas por las glándulas, y se descarta cualquier daño en los sellos de aceite dado que los drenajes de los mismos no presentaron congelamiento por fuga excesiva de etileno.

Se concluye que la falla está presente en las glándulas y se procede a inspeccionarlas. Una vez desmontadas las glándulas se observa daño en los retenedores de aceite tipo labio y se procede a cambiarlos.

Al estudiar el problema presentado mediante un análisis de causa raíz se concluye que la fuga en la glándulas se presentó debido a la falta de un tapón roscado ubicado en una salida de drenaje de las glándulas, se concluye que el problema se generó por actividades inadecuadas de mantenimiento en donde se omitió el tapón, también se detecta que según diseño en este sitio debe ir instalada un línea de drenaje la cual no existe actualmente en el compresor.

¹⁵ Glándulas: Cartucho compacto encargado de verter aceite refrigerante sobre el plunger para mantener adecuadas las condiciones de temperatura del mismo.

Como alternativa de solución se propuso establecer procedimientos de mantenimiento para la intervención del equipo, que contenga entre otras cosas el proceso de instalación de partes al compresor, incluyendo los componentes que no se encontraban instalados.

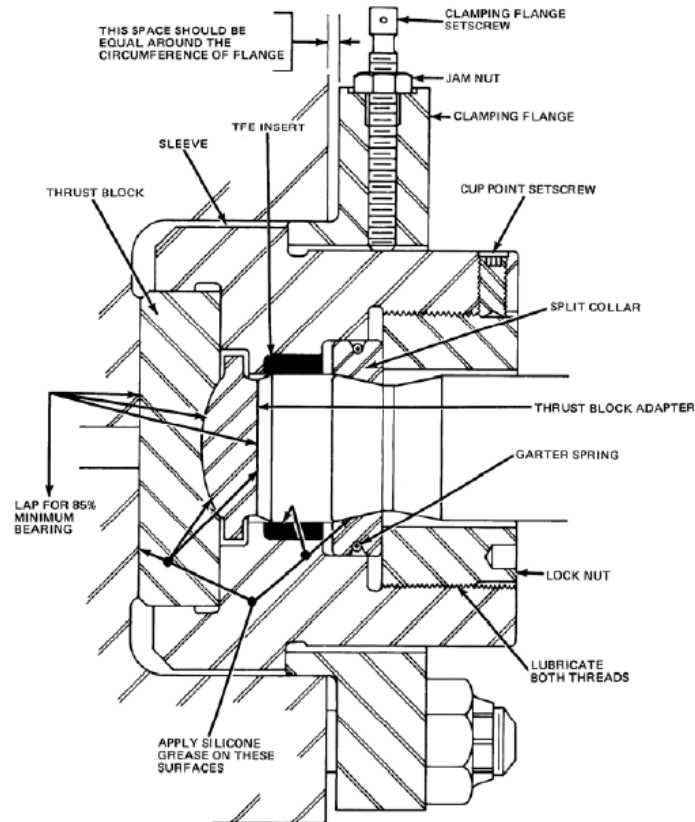
- **30 de enero de 2013:** Falla por desalineamiento del plunger del cilindro 2D, se presenta disparo del sistema de control PROGNOST tras la detección de un desalineamiento del plunger¹⁶ registrando valores superiores al admitido de 0.0088”.

De esta investigación se pueden extraer los siguientes aspectos relevantes: Se realiza un análisis inicial del sistema de medición del control PROGNOST del cual se concluye que todos los sensores de medición y registro se encuentran en buen estado y sus medidas son correctas por lo que se descarta una posible medida errónea.

Al inspeccionar el equipo se encuentra que los pernos de sujeción entre la brida del acople entre el plunger y el patín auxiliar se encuentran sueltos, por tanto se concluye que fueron ajustados a una torque inadecuado, además el prisionero de seguridad también se encontró desajustado ver figura 36.

¹⁶ Vástago: Émbolo de compresión, realiza la acción reciprocante de compresión, es accionado por el patín auxiliar, ver en el anexo XX el plano del cilindro del compresor SC2253.

Figura 36. Sistema de acople entre el patín auxiliar y el plunger del cilindro 2D compresor SC2253



Fuente: Manual del compresor SC2253

Tras un análisis de causa raíz se concluye que el problema se generó tras actividades inadecuadas de mantenimiento realizadas en la parada para mantenimiento preventivo que finalizó el 5 de diciembre de 2012, en donde se encuentran reprocesos por falta de experiencia del personal de mantenimiento que intervino el equipo, que finalmente requirió la intervención de personal local de la planta.

La alternativa de solución propuesta es fijar procedimientos de reparación y mantenimiento de los cilindros del compresor SC2253 en donde se incluya los requerimientos técnicos del personal que realizará la actividad.

- **17 septiembre de 2013:** Se detecta un aumento del flujo de etileno hacia el sistema de teas¹⁷ número 4 proveniente del compresor SC2253 por el desfogue del sello de gas¹⁸ del compresor 2D.

De esta investigación se pueden extraer los siguientes aspectos relevantes:

En la inspección visual realizada al compresor una vez fue sacado de servicio se observa congelamiento en la línea de desfogue del sello de gas del cilindro 2D producido por la expansión repentina de grandes cantidades de etileno.

Una vez fue desmontado el sello se evidencio presencia de grasa de polietileno, por lo que se concluye que una de las causas del percance fue la formación de polímero dentro del cilindro el cual se ubicó en el sello desviando el plunger de su posición y generando desgaste prematuro en los anillos de bronce del sello, también se observó una desalineación en la tubería de succión del equipo la cual puede generar problemas de desalineamiento en los componentes móviles del cilindro.

En el análisis de causa raíz se llega a la conclusión de que las causas que generaron la falla fueron: Operación inadecuada del equipo (Fuera de las ventanas operativas), ya que el equipo se estaba operando a temperaturas más elevadas debido a que el gas etileno se estaba enfriando entre etapas con agua industrial pues el agua de enfriamiento proveniente de la unidad de refrigeración por absorción ARU no estaba disponible debido a fallas en este equipo. Otra causa definida como raíz es el desalineamiento de las líneas de succión y descarga el cual puede generar sobreesfuerzos en los cilindros del equipo conllevando a desgastes excesivos.

¹⁷ Sistema tea: es un sistema de tratamiento de fugas de gases, en el cual se reciben las fugas por medio de un tambor de amortiguación y posteriormente se envía a un quemador para minimizar el impacto de contaminación ambiental.

¹⁸ Sello de gas, sello provisto por varios anillos adecuadamente diseñados para disminuir gradualmente la presión dentro de un cilindro de compresión y así proveer un sellado efectivo a presiones elevadas.

Como alternativa de solución se propuso implementar acciones correctivas en la unidad de refrigeración por absorción para garantizar la disponibilidad de agua refrigerada para el enfriamiento inter-etapas del gas etileno y así lograr mantener los equipos operando dentro de las ventanas operativas, y llevar a cabo un análisis de flexibilidad y alineamiento de las líneas de succión y descarga de los compresores de polietileno II para evitar la generación de sobreesfuerzos sobre los cilindros de los mismos.

9.5 RESUMEN INFORMACIÓN EXTRAÍDA RCA'S EQUIPOS PILOTO, REVISIÓN DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES Y RECOMENDACIONES.

En la tabla 20 se resumen los aspectos relevantes extraídos de los análisis RCA realizados en las investigaciones de falla de los equipos piloto.

Tabla 20. Aspectos relevantes análisis RCA.

EQUIPO	MODO DE FALLA	CAUSA RAÍZ	RECOMENDACIONES
SC1301	Altas vibraciones en el rotor debido a desbalanceo por acumulación de sales	Malos procedimientos de operación durante procesos de regeneración. Ausencia de programa de limpieza de drenajes en el plan de mantenimiento RCM al sacar de servicio el compresor	Evaluar la factibilidad de la utilización de fuentes de aires secos cuando se realiza el proceso de regeneración. Actualizar los procedimientos de preservación del compresor durante los procesos de regeneración y el tiempo fuera de servicio. Actualizar el plan de mantenimiento incluyendo actividades de limpieza y lavado de los internos y drenajes del compresor

SR2201	Falla del rodamiento radial de fondo	Uso de rodamiento inadecuado por errores de catalogación después de la actualización de internos del 2008. Malos procedimientos de montaje del rodamiento. Inadecuados procesos de parada y preservación de la planta.	Realizar la correcta catalogación del rodamiento recomendado por el fabricante luego de la actualización de internos del 2008. Actualizar los procedimientos de reparación del reactor. Capacitar y entrenar el personal de mantenimiento en los procedimientos de mantenimiento para la reparación de los reactores. Actualizar la guía de entrenamiento y simulacros de proceso de parada.
	Falla arandela de seguridad abrazadera central	Inadecuados procedimientos de armado y montaje	Elaborar el procedimiento de armado de las abrazaderas centrales y anexarlo al procedimiento de armado del reactor.
	Falla chumacera de fondo Robustus	Ausencia de procedimientos de montaje. Diseño incompleto por falta de análisis en condiciones críticas como al arrancar en donde se presenta una baja lubricación	Realizar en conjunto con el fabricante el procedimiento de montaje de las chumaceras. Evaluar los aspectos relevantes del desempeño de las chumaceras en condiciones críticas como el arranque del reactor
SC2253	Fuga por glándulas de refrigeración	Malos procedimientos de mantenimiento. Modificación inadecuada del sistema de drenaje de las glándulas	Establecer procedimientos de mantenimiento para la intervención del equipo, que contenga entre otras cosas el proceso de instalación de partes al compresor, incluyendo los componentes que no se encontraban instalados.

	Desalineamiento de los plungers de compresión	Malos procedimientos de mantenimiento durante intervenciones de reparación general por falta de experiencia en el personal que interviene	Fijar procedimientos de reparación y mantenimiento de los cilindros del compresor SC2253 en donde se incluya los requerimientos técnicos del personal que realizará la actividad
	Falla del sello de gas	Operación del equipo fuera de las ventanas operativas. Desalineamiento de las tuberías de succión y descarga del equipo.	Implementar acciones correctivas en la unidad de refrigeración por absorción para garantizar la disponibilidad de agua refrigerada para el enfriamiento inter-etapas del gas etileno y así lograr mantener los equipos operando dentro de las ventanas operativas. Llevar a cabo un análisis de flexibilidad y alineamiento de las líneas de succión y descarga de los compresores de etileno.

Fuente: Los autores.

De la tabla 20 se puede concluir que las causas raíces principales identificadas se pueden recopilar en tres grupos:

- **Malos procedimientos de mantenimiento**
- **Inadecuada catalogación de repuestos**
- **Deficiencias en las estrategias de mantenimiento.**

10 PLANTEAMIENTO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

Las estrategias de mantenimiento propuestas en este proyecto de grado se realizaron con base en una recopilación de los modos de falla identificados de los equipos piloto y la forma de evitarlos, controlarlos o repararlos; agrupándolo por familias de activos, así bien por ejemplo: los compresores hyper SC2203, SC2204 y SC2253 aunque no son idénticos cumplen una misma función y la manera en que operan y la mecánica implicada en los mismos (sistema de potencia, bancada, cilindros, válvulas, mecanismos de transmisión y conversión de movimiento etc.) es igual, por ende estos equipos presentan modos de fallas muy similares y se pueden agrupar en una familia y de esta manera generar una estrategia de mantenimiento aplicable a los tres equipos.

Debido a que se tomó como referencia la filosofía de mantenimiento RCM, la estrategia de mantenimiento se enfocó principalmente en los modos de falla de los equipos críticos piloto seleccionados, poniendo como base los datos históricos y la experiencia del ingeniero especialista de confiabilidad de equipo rotativo Elber Fernando Ruiz, con quien se discutieron las principales causas de falla y la forma adecuada de solucionarlas, prevenirlas o identificarlas antes de que sucedan, todo direccionado a mantener los equipos funcionando confiablemente para garantizar la disponibilidad operacional de las plantas del departamento, destacando que el alcance de este proyecto de grado se definió solo para los equipos críticos piloto seleccionados del departamento de petroquímica pero se recomienda que este proyecto de inicio a un análisis global que permita establecer una estrategia de mantenimiento centrada en la confiabilidad que abarque todos y cada uno de los equipos que intervienen en los procesos productivos tanto de polietileno como de aromáticos.

A continuación en las siguientes tablas se presentan las estrategias de mantenimiento centrada en la confiabilidad para los equipos críticos piloto del

departamento de petroquímica de la gerencia refinería Barrancabermeja, enmarcadas en el documento estándar dado por ECOPETROL S.A. el cual está establecido para familias de activos.

El formato consta de una tabla con el siguiente contenido:

Familia de activos: Es el conjunto de equipos que cumplen una función determinada, por ejemplo: motores eléctricos, intercambiadores de calor, bombas, compresores etc.

Grupo de afinidad: Son el conjunto de equipos que cumplen una función determinada y los hacen de la misma manera, por ejemplo: Familia de activos → Compresores, grupos de afinidad → Compresores reciprocantes, compresores centrífugos, compresores de lóbulos etc.

Nombre de la actividad de mantenimiento: Es la tarea o el conjunto de actividades que se llevan a cabo para la predicción, prevención o corrección de un tipo de falla en específico.

Estrategia de ejecución: Enmarca el personal encargado de ejecutar las actividades de mantenimiento el cual puede ser: mantenimiento propio (Personal de mantenimiento de ECOPETROL S.A.), mantenimiento contratado (Personal contratista), mantenimiento mixto (Personal de ECOPETROL S.A. y contratista), ronda de operaciones (Personal de operaciones de ECOPETROL S.A.), ronda del ingeniero (Ingeniería ECOPETROL S.A.).

Código componente: Es el código para la familia de activos registrado en el software para la gestión de activos ELLIPSE.

Tipo de mantenimiento: Es la clase de mantenimiento para el cual se realiza la actividad puede ser: preventivo, predictivo, cuidado básico.

Modo de falla que previene: Es el tipo de falla que se busca evitar con la actividad de mantenimiento a ejecutar.

Frecuencia: Es el periodo de tiempo que define la frecuencia con la que se debe realizar la actividad de mantenimiento.

Como parte del proceso de ejecución del RCM las estrategias de mantenimiento aquí mostradas se basaron en el análisis de los principales modos de falla de los equipos piloto, identificando su impacto y la forma de prevenirlos, es de destacar que para el equipo SR2201 se definen actividades de mantenimiento preventivas, ya que aunque este reactor posee diferentes tipos de monitoreo, no es posible el diagnóstico o detección de fallas tempranamente debido a que es un equipo único que trabaja a una presión elevada (18000 psig) y los fallos generalmente suceden sin previo aviso, por tanto se especifica que las actividades de mantenimiento a ejecutar en este equipo están limitadas a la vida útil del rodamiento radial de fondo la cual es de 8000 horas, una vez se cumple este periodo se procede a detener la planta y a realizar todas las actividades de mantenimiento establecidas para este equipo.

10.1 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA COMPRESOR CENTRÍFUGO DE HIDRÓGENO SC1301 (AROMÁTICOS)

Este compresor centrífugo funciona como el núcleo de la planta de aromáticos, está ubicado en la U1300 Platforming y se encarga de comprimir el hidrogeno liberado del proceso de platformado.

Tabla 21. Data sheet compresor SC1301

DATA SHEET COMPRESOR SC-1301

EMPRESA	ECOPETROL S.A.	DEPARTAMENTO FUNCIONAL	PETROQUÍMICA
UBICACIÓN	BARRANCABERMEJA	UNIDAD DE PROCESO	U1300

DATOS GENERALES

Marca	ELLIOT
Número serial	J8008R1
Número de modelo	25MB7-5

CONDICIONES DE OPERACIÓN

PARÁMETRO		UNIDAD
Fluido de proceso	Hidrógeno	---
Peso molecular	2	---
Flujo nominal a la succión	2661	CFM
Presión de succión	264.7	psia
Temperatura de succión	100	°F
Presión nominal de descarga	434.7	psia
Potencia nominal de entrada	2100	HP
Velocidad de rotación nominal	11306	RPM
Primer armónico de velocidad	4600	RPM

DISEÑO MECÁNICO

PARÁMETRO		UNIDAD
Máxima presión de descarga	460	psig
Máxima temperatura de descarga	550	°F
Material de la carcasa	Acero forjado de pared delgada	---
Compuesto del sello	Viton	---
Driver	General Electric Frame 8511Z	---
Sentido de rotación visto desde el driver	Sentido de la manecillas de reloj	---
Incrementador	LUFKIN Model NF1519C	---
Acople compresor motor	KOP-FLEX #203 MP/RZ y #454 KD10	---

Fuente: Los autores

Tabla 22. Estrategia de mantenimiento compresor centrífugo SC1301

	FORMATO 1. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO POR FAMILIA DE ACTIVOS						
	PROCESO DE AJUSTE Y MEJORA DE PLANES DE MANTENIMIENTO ECOPETROL S.A.						
	GERENCIA TÉCNICA						
COORDINACIÓN DE CONFIABILIDAD EQUIPO ELÉCTRICO - GRB							
GRB-GRB-F-XXXX						Elaborado 10/11/2014	
ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO							
Familia de activos	Grupo de afinidad	Nombre de la actividad de Mantenimiento	Estrategia de ejecución	Código componente	Tipo de Mantenimiento	Modo de falla que previene	Frecuencia
Compresores	Compresor Centrifugo	Visualizar temperatura de cojinetes en pantalla del Bently	Ronda del operador	MCCE	Predictivo	Falla chumacera/Falla rotor	Una vez por turno
Compresores	Compresor Centrifugo	Visualizar vibraciones de cojinetes en pantalla del Bently	Ronda del operador	MCCE	Predictivo	Falla chumacera/Falla rotor/falla acople	Una vez por turno
Compresores	Compresor Centrifugo	Chequear presión diferencial en filtros de Hidrogeno	Ronda del operador	MCCE	Predictivo	Falla sello seco	Una vez por turno
Compresores	Compresor Centrifugo	Chequear presión diferencial en filtros de Nitrogeno	Ronda del operador	MCCE	Predictivo	Falla sello seco	Una vez por turno
Compresores	Compresor Centrifugo	Chequear medida de flujo de Hidrogeno a través del sello seco	Ronda del operador	MCCE	Predictivo	Falla sello seco	Una vez por turno
Compresores	Compresor Centrifugo	Chequear medida de flujo de Nitrogeno a través del sello seco	Ronda del operador	MCCE	Predictivo	Falla sello seco	Una vez por turno
Compresores	Compresor Centrifugo	Verificar estado de visualización en la pantalla del gabinete	Ronda del operador	MCCE	Predictivo	Falla del procesador	Una vez por turno
Compresores	Compresor Centrifugo	Verificar tendencia de temperatura en el cuarto técnico (20-25C).	Ronda del operador	MCCE	Predictivo	Falla memoria/procesador/tarjetas/modulos	Una vez por turno
Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Revisión del nivel de aceite/reposición	Ronda del operador	MBDP	Predictivo	Falla rodamientos NP1317C	Una vez por turno
Compresores	Compresor Centrifugo	Monitorear temperatura del devanado del motor eléctrico	Ronda del operador	MCCE	Predictivo	Pérdida de aislamiento del motor eléctrico	Una vez por turno
Compresores	Compresor Centrifugo	Monitorear mensajes de error, comparar tensiones/temperaturas.	Ronda confiabilidad CEE	MCCE	Predictivo	Falla relé de protección	Una vez por semana
Compresores	Compresor Centrifugo	Inspección visual de indicadores luminosos de estado	Ronda confiabilidad CEL	MCCE	Predictivo	Falla modulos de entrada de señales	Una vez por semana
Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Revisión de la condición del aceite/cambio.	Tarea BEC Operaciones	MBDP	Predictivo	Falla rodamientos NP1317C	Una vez por semana

Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Realizar toma de vibraciones/temperatura a las SP1317CD	Ronda operación	MBDP	Predictivo	Falla de rodamientos SP1317CD	Una vez por semana
Compresores	Compresor Centrifugo	Analizar tendencias y espectros de vibraciones de la máquina en System 1.	Ronda confiabilidad CER	MCCE	Predictivo	Falla chumacera/Falla rotor/falla acople	Una vez al mes
Compresores	Compresor Centrifugo	Tomar muestra de aceite en todos los puntos definidos	Tarea BEC Operaciones	MCCE	Predictivo	Falla chumacera	Una vez al mes
Compresores	Compresor Centrifugo	Retrolavado del intercambiador de calor aceite	Tarea BEC Operaciones	MCCE	Predictivo	Falla chumacera	Una vez al mes
Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Analizar vibraciones a las SP1317CD	Ronda confiabilidad CER	MBDP	Predictivo	Falla de rodamientos SP1317CD	Una vez al mes
Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Destapar agua de enfriamiento a cajas de rodamientos	Tarea BEC Operaciones	MBDP	Predictivo	Falla rodamientos NP1317C	Dos veces al mes
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar ronda de termografía	Mantenimiento Propio	MCCE	Predictivo	Alta temperatura (punto caliente) en la casilla	Cada 4 meses
Compresores	Compresor Centrifugo	Inspeccionar estado de la UPS	Mantenimiento propio	MCCE	Preventivo	Falla de alimentación al sistema Bently	Cada 4 meses
Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Re-engrasar rodamientos del motor MP1317D	Ronda operación	MBDP	Preventivo	Falla de rodamientos SP1317CD	Cada 4 meses
Compresores	Compresor Centrifugo	Reengrase del mecanismo de apertura-cierre válvulas tapón	Ronda de Operación	MCCE	Preventivo	Falla válvulas (tapón) de succión y descarga	Cada 6 meses
Compresores	Compresor Centrifugo	Verificación/ajuste de soportes de líneas y spring handger	Mantenimiento propio	MCCE	Preventivo	Vibración del compresor	Una vez al año
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar copia de seguridad (Backup)	Ronda confiabilidad CEL	MCCE	Predictivo	Falla en la memoria/procesador del sistema Bently	Una vez al año
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar limpieza manual del gabinete y conexiones	Mantenimiento propio	MCCE	Predictivo	Falla de contactos	Una vez al año
Compresores	Compresor Centrifugo	Reparar/reemplazar reles de protección	Mantenimiento propio	MCCE	Preventivo	Falla relé de protección	2 años
Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Realizar cambio de rodamientos de la turbina NP1317C	Mantenimiento propio	MBDP	Predictivo	Falla rodamientos NP1317C	Cada 4 años
Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Realizar cambio de carbones de la turbina NP1317C	Mantenimiento propio	MBDP	Preventivo	Falla de carbones NP1317C	Cada 4 años
Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Reparar válvula de gobernación	Mantenimiento propio	MBDP	Preventivo	Falla válvula de gobernación NP1317C	Cada 4 años

Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Reparar válvula trip	Mantenimiento propio	MBDP	Preventivo	Falla válvula trip NP1317C	Cada 4 años
Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Realizar cambio de la bomba SP1317CD	Mantenimiento propio	MBDP	Preventivo	Falla sello mecánico SP1317CD	Cada 4 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar toma de la alineación de motor-incrementador-compresor	Ronda confiabilidad CER	MCCE	Predictivo	Falla chumacera/Falla rotor/falla acople/falla sello seco	Cada 5 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Limpieza del intercambiador de calor sistema lubricación	Mantenimiento Propio	MCCE	Predictivo	Falla chumacera	Cada 5 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Destapar drenajes de la carcasa del compresor	Mantenimiento Propio	MCCE	Preventivo	Falla Rotor	Cada 5 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Inspeccionar/ reparar válvula mariposa	Mantenimiento Propio	MCCE	Preventivo	Falla válvula mariposa	Cada 5 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Inspección/cambio de empaques válvulas tapón	Mantenimiento Propio	MCCE	Preventivo	Falla válvulas (tapón) de succión y descarga	Cada 5 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Reparar/ Reemplazar contactos	Mantenimiento propio	MCCE	Preventivo	Falla de contactos	5 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Reparar/reemplazar interruptor de fuerza	Mantenimiento propio	MCCE	Preventivo	Falla del interruptor de fuerza	5 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar medida del juego axial del incrementador	Mantenimiento propio	MCCE	Preventivo	Falla Cojinetes axiales del incrementador	Cada 5 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Inspeccionar/reemplazar chumaceras	Mantenimiento Propio	MCCE	Preventivo	Falla chumacera	Cada 10 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Cambiar la totalidad del aceite de la consola	Mantenimiento Propio	MCCE	Predictivo	Falla chumacera	Cada 10 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Limpieza del reservorio de aceite	Mantenimiento Propio	MCCE	Predictivo	Falla chumacera	Cada 10 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Reparar sellos secos	Mantenimiento Propio	MCCE	Preventivo	Falla sello seco	Cada 10 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar lavado con soda cáustica del rotor antes de exponerlo al ambiente	Mantenimiento Propio	MCCE	Preventivo	Falla Rotor	Cada 10 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar inspección y reparación del rotor	Mantenimiento contratado	MCCE	Preventivo	Falla rotor	Cada 10 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Inspeccionar el acople	Mantenimiento Propio	MCCE	Preventivo	Falla acople	Cada 10 años

Compresores	Compresor Centrifugo	Inspeccionar/cambiar según estado	Mantenimiento Propio	MCCE	Preventivo	Falla sello laberinto del tambor de Balance	Cada 10 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar cambio de los sellos de laberinto inter-etapas	Mantenimiento propio	MCCE	Preventivo	Falla sellos de laberinto inter-etapas	Cada 10 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar cambio de los retenedores de aceite del incrementador	Mantenimiento propio	MCCE	Preventivo	Falla retenedores aceite del incrementador	Cada 10 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar inspección/cambio del los cojinetes axiales del incrementador.	Mantenimiento propio	MCCE	Preventivo	Falla Cojinetes axiales del incrementador	Cada 10 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar inspección visual y preba de contacto con azul de prusia	Mantenimiento propio	MCCE	Preventivo	Falla de engranejes	Cada 10 años
Compresores	Compresor Centrifugo	Cambio de los filtros de aceite	Mantenimiento Propio	MCCE	Predictivo	Falla chumacera	Según condición
Compresores	Compresor Centrifugo	Cambiar filtro de Hidrogeno del sello seco	Mantenimiento Propio	MCCE	Predictivo	Falla sello seco	Según condición
Compresores	Compresor Centrifugo	Cambiar filtro de Nitrogeno del sello seco	Mantenimiento Propio	MCCE	Predictivo	Falla sello seco	Según condición
Compresores	Compresor Centrifugo	Limpieza de ductos del intercambiador para asegurar la correcta refrigeración	Mantenimiento Propio	MCCE	Preventivo	Pérdida de aislamiento del motor eléctrico	Según condición
Compresores	Compresor Centrifugo	Toma de medida de aislamiento motor/cableado	Mantenimiento Propio	MCCE	Preventivo	Pérdida de aislamiento del motor eléctrico	Según condición
Compresores	Compresor Centrifugo	Reparar motor eléctrico/realizar cambio del cableado de fuerza	Mantenimiento Propio	MCCE	Correctivo	Pérdida de aislamiento del motor eléctrico	Según condición
Compresores	Compresor Centrifugo	Medir valores de voltaje en caja de conexiones	Mantenimiento propio	MCCE	Predictivo	Falla sensores Bently (Vibracion/temperatura)	Según condición
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar curva de calibración/cambiar según condición	Mantenimiento propio	MCCE	Predictivo	Falla sensores Bently (Vibracion/temperatura)	Según condición
Compresores	Compresor Centrifugo	Realizar prueba de continuidad y medición de voltajes	Mantenimiento propio	MCCE	Predictivo	Falla de cableados	Según condición
Bombas	Bombas de desplazamiento positivo	Realizar cambio de rodamientos del motor MP1317C	Mantenimiento propio	MBDP	Predictivo	Falla de rodamientos MP1317D	Según condición
Compresores	Compresor Centrifugo	Drenar puntos bajos y barril del compresor para la puesta en servicio para eliminar líquidos.	Ronda del operador	MCCE	Preventivo	Falla sello seco/falla rotor/falla cojinetes	Puesta en servicio

Fuente: Los autores

10.2 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO REACTOR DE POLIMERIZACIÓN TIPO AUTOCLAVE PARA POLIETILENO SR2201 (POLIETILENO I)

Tabla 23. Data sheet Reactor SR2201

DATA SHEET REACTOR SR-2201			
			
EMPRESA	ECOPETROL S.A.	DEPARTAMENTO FUNCIONAL	PETROQUÍMICA
UBICACIÓN	BARRANCABERMEJA	UNIDAD DE PROCESO	U2200
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
PARÁMETRO			UNIDAD
Fluido de proceso	Etileno al 99.9% de pureza		---
Catalizadores	Terbutilperoxipivarato - Terbutilperixiacetato		---
Peso molecular	28.05		---
Flujo nominal	38000		Lb/h
Presión nominal	18000		psig
Temperatura de cima	370		°F
Temperatura de medio	370		°F
Temperatura de fondo	500		°F
Porcentaje de reacción	13-14		%
Temperatura de inyección catalizador de cima	130		°F
Temperatura de inyección catalizador de medio	110		°F
Temperatura de inyección catalizador de fondo	110		°F
DISEÑO MECÁNICO			
PARÁMETRO			UNIDAD
Tipo de reactor	Autoclave		---
Velocidad de rotación del agitador	1150		RPM
Corriente nominal de entrada	280		A
Potencia motor agitador	150		HP
Presión de diseño	40000		psig
DATOS DE FABRICACIÓN Y MODERNIZACIÓN			
Diseñado por	Dow Chemical		
Modernización de internos (2008)	ECI		
Manufacturado	Baton Rouge		

Fuente: Los autores

Tabla 24. Estrategia de mantenimiento reactor tipo autoclave de polimerización para polietileno SR2201

	FORMATO 1. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO POR FAMILIA DE ACTIVOS						
	PROCESO DE AJUSTE Y MEJORA DE PLANES DE MANTENIMIENTO ECOPETROL S.A.						
	GERENCIA TÉCNICA						
	COORDINACIÓN DE CONFIABILIDAD EQUIPO ROTATIVO - GRB						
GRB-GRB-F-XXXX						Elaborado 04/04/2014	
						01/12/2014	
ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO							
Familia de activos	Grupo de afinidad	Nombre de la actividad de Mantenimiento	Estrategia de ejecución	Código componente	Tipo de Mantenimiento	Modo de falla que previene	Frecuencia
Reactores	Reactor tipo autoclave	Monitoreo de la tendencia de vibraciones	Mantenimiento propio	MAGI	Predictivo	Falla de rodamientos	Una vez x turno
Reactores	Reactor tipo autoclave	Monitoreo de la tendencia de corriente	Mantenimiento propio	MAGI	Predictivo	Falla Rodamientos/Falla eléctrica motor-casilla	Una vez x turno
Reactores	Reactor tipo autoclave	Registrar valor de presión descarga SP2282AB	Mantenimiento propio	MAGI	Predictivo	Corte por baja presión Hidráulica	Una vez x turno
Reactores	Reactor tipo autoclave	Registrar presión de aire de instrumentos (60 psig min)	Mantenimiento propio	MAGI	Predictivo	Falla válvula de control	Una vez x turno
Reactores	Reactor tipo autoclave	Cambio de rodamiento radial de fondo	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Falla rodamiento radial de fondo	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Cambio de rodamiento axial de fondo	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Falla rodamiento axial de fondo	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Cambio rodamiento central	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Falla rodamiento central	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Cambio rodamientos del motor	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Falla rodamientos del motor	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Calibración y/o cambio de termocuplas	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Falla de termocuplas(descalibración)	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Limpieza/reparación y prueba de presión de válvulas cheque	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Falla válvulas cheque	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Limpieza/reparación y prueba de presión de válvula extrusora	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Descalibración/ daño áreas de sello	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Reparación del motor del agitador	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Falla del motor del agitador	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Reparación o cambio de abrazadera central según inspección (Por calibración)	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Falla abrazadera central	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Cambio de Discos de fractura	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Falla de los discos de ruptura	Según condición
Reactores	Reactor tipo autoclave	Balanceo de ejes (Superior e inferior)	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Alta vibración	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Cambio de anillos de onda	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Fuga por anillos de onda	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Reparación del motor eléctrico	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Bajo aislamiento del motor eléctrico	Según condición

Reactores	Reactor tipo autoclave	Realizar prueba de impulsos comparativos	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Bajo aislamiento del motor eléctrico	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Ronda de termografía	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Alta temperatura(punto caliente) en la casilla	Cada 4 meses
Reactores	Reactor tipo autoclave	Reemplazar contactos	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Falla de contactos	5 años
Reactores	Reactor tipo autoclave	Calibración posicionadores válvulas de control reactor	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Descalibración posicionadores válvulas de control	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Cambio o ajuste del lazo de control	Mantenimiento propio	MAGI	Predictivo	Falla en la señal de control	Según condición
Reactores	Reactor tipo autoclave	Calibración Swith baja presión aceite Hidráulico	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Falla switch de baja presión aceite hidráulico SP2282AB	Cada 8000 horas
Reactores	Reactor tipo autoclave	Calibración y/o cambio LVDT PIC22551	Mantenimiento propio	MAGI	Predictivo	Falla LVDT PICV22551	Según condición
Reactores	Reactor tipo autoclave	Reapriete de anclajes del reactor y estructura	Mantenimiento propio	MAGI	Preventivo	Vibración	Cada tres años
Reactores	Reactor tipo autoclave	Reapriete de soportes de líneas de gas e iniciador	Mantenimiento propio	MAGI	preventivo	Vibración/Fugas por juntas	Cada tres años
Reactores	Reactor tipo autoclave	Cambio de líneas, lentejas, conectores	Mantenimiento propio	MAGI	Predictivo	Fugas por juntas	Según condición
Reactores	Reactor tipo autoclave	Realizar reparación de los electrodos	Mantenimiento propio	MAGI	Predictivo	Bajo aislamiento de los electrodos	Según condición

Fuente: Los autores

10.3 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EL COMPRESOR RECIPROCANTE DE ETILENO ETAPA SECUNDARIA DE COMPRESIÓN SC2253 (POLIETILENO II).

Tabla 25. Data sheet compresor hyper SC2253

DATA SHEET COMPRESOR SC-2253			
			
EMPRESA	ECCOPETROL S.A.	DEPARTAMENTO FUNCIONAL	PETROQUÍMICA
UBICACIÓN	BARRANCABERMEJA	UNIDAD DE PROCESO	U2250
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
PARÁMETRO	SUCCIÓN		
	PRIMERA ETAPA	SEGUNDA ETAPA	UNIDAD
Descripción del fluido	Etileno	Etileno	---
Peso molecular	28.05	28.05	---
Flujo nominal	75757	75757	Lb/h
Presión	2864.3	7157.3	psia
Temperatura	60	70	°F
Factor de compresibilidad	0.527	1.09	---
Densidad	27.3	32.4	Lb/ft³
Entalpia	650.4	657.4	BTU/Lbm
PARÁMETRO	DESCARGA		
	PRIMERA ETAPA	SEGUNDA ETAPA	UNIDAD
Presión	7457.3	19314.3	psia
Temperatura estimada	118	135	°F
Factor de compresibilidad	1.1	2.32	---
Densidad	30.7	36.58	Lb/ft³
Entalpia	689.8	725.5	BTU/Lbm
Cambio de entalpia interetapa		32.4	BTU/Lbm
Cambio de entalpia total		75.1	BTU/Lbm
Cambio de entalpia por etapa	39.4	68.1	BTU/Lbm
DISEÑO MECÁNICO			
PARÁMETRO	PRIMERA ETAPA	SEGUNDA ETAPA	UNIDAD
Diametro del émbolo	4 3/8	3	Pulg
Carrera total	15	14	Pulg
Número de cilindros	2	4	---
Tipo de cilindro	Packed plunger	Packed plunger	---
Factor de eficiencia	95	95	%
Radio de volumen muerto	40	40	---
Velocidad de rotación		212	RPM
Carga por inercia estimada		55000	Lb
Carga por gas estimada	87407	87574	Lb
Carga total sobre el vástago estimada	130090	144900	Lb
Cambio de presión	5000	12900	psia
Temperatura nominal de descarga	123	145	°F
Máxima temperatura permisible	250	250	°F
Presión nominal de descarga	25000	25000	psia
Máxima presión permisible	25000	25000	psia

Fuente: Los autores

Tabla 26. Estrategia de mantenimiento compresor Hyper SC2253

		FORMATO 1. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO POR FAMILIA DE ACTIVOS					
		PROCESO DE AJUSTE Y MEJORA DE PLANES DE MANTENIMIENTO ECOPETROL S.A.					
		GERENCIA TÉCNICA					
		COORDINACIÓN DE CONFIABILIDAD EQUIPO ELÉCTRICO - GRB				Elaborado	
		GRB-GRB-F-XXXX				05/01/2015	
ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO							
Familia de activos	Grupo de afinidad	Nombre de la actividad de Mantenimiento	Estrategia de ejecución	Código componente	Tipo de Mantenimiento	Modo de falla que previene	Frecuencia
Compresores	Compresor Hyper	Registrar valores de temperatura de cojinetes de bancada y axiales	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla cojinetes bancada y axiales	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Registrar valores presión de aceite a cojinetes de bancada y axiales (presión de descarga SP2259AB, presión entrada a cojinetes)	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla cojinetes bancada y axiales	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Registrar valores temperatura de aceite a cojinetes de bancada y axiales (Temperatura antes y despues del intercambiador SE2260).	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla casquete bancada y axiales	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Verificar y/o reponer nivel aceite en el cárter del compresor	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla cojinetes bancada, axiales, biela, patines principales	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Registrar valores de temperatura de patines auxiliares	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla de patines auxiliares	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Inspeccionar visualmente goteo en los vasos visores de los manzel.	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla de patines auxiliares	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Registrar valores de temperaturas de succión y descarga	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla de internos de los cilindros	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Registrar valores de vibración de los cilindros	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla de internos de los cilindros	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Registrar valores de presión de succión y descarga	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla de internos de los cilindros	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Registrar valores de temperatura de los plunger	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla del sello de gas/glándulas	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Registrar temperatura del aceite de enfriamiento a glándulas	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla en glándulas	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Inspeccionar visualmente fugas de aceite por los retenedores	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla en glándulas	Dos veces por turno (3x8)

Compresores	Compresor Hyper	Verificar flujo de aceite en los visores a la salida de las glándulas	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla en glándulas	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Verificar presión diferencial en los filtros de aceite de glándulas	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla en glándulas	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Verificar presión de descarga de la SP2264AB	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla en glándulas	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Verificar nivel de aceite de glándulas en el D-2274	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla en glándulas	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Registrar valores de vibración en los patines principales	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla de patines principales	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Registrar valores de desalineamiento de los plunger	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla del sello de gas	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Inspeccionar visualmente congelamiento del venteo del sello de gas	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla del sello de gas	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Verificar y/o reponer nivel aceite en el cojinete del motor eléctrico	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla cojinete del motor eléctrico	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Registrar temperatura del cojinete del motor eléctrico	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla cojinete del motor eléctrico	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Verificar ruidos anormales en la máquina	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Solturas de partes, roces, fracturas de internos de cilindros	Dos veces por turno (3x8)
Compresores	Compresor Hyper	Verificar soldaduras en soportes de las líneas de succión y descarga	Tarea BEC Operaciones	MCOD	Preventivo	Vibración en tuberías de succión/descarga	Una vez a la semana
Compresores	Compresor Hyper	Realizar retrolavado en intercambiador SE2260	Tarea BEC Operaciones	MCOD	Preventivo	Falla cojinetes bancada-axiales-biela-patines ppales	Una vez a la semana
Compresores	Compresor Hyper	Realizar retrolavado en intercambiador SE2261	Tarea BEC Operaciones	MCOD	Preventivo	Falla de glándulas	Una vez a la semana
Compresores	Compresor Hyper	Reengrasar cojinetes planos del yoke	Tarea BEC Operaciones	MCOD	Preventivo	Falla cojinetes planos del Yoke	Una vez a la semana
Compresores	Compresor Hyper	Realizar toma de vibraciones a las bomba SP2259AB	Tarea BEC Operaciones	MCOD	Predictivo	Falla cojinetes bancada-axiales-biela-patines principales	Una vez a la semana
Compresores	Compresor Hyper	Realizar toma de vibraciones a las bomba SP2264AB	Tarea BEC Operaciones	MCOD	Predictivo	Falla de glándulas	Una vez a la semana

Compresores	Compresor Hyper	Lavado de la base para eliminar aceite y suciedad	Contratado	MCOD	Preventivo	Falla base	Una vez a la semana
Compresores	Compresor Hyper	Analizar tendencias, espectros de vibraciones, diagramas PV de la máquina en Prognost	Ronda confiabilidad CER	MCCE	Predictivo	Falla chumaceras/Falla válvulas/falla sellos	Una vez a la semana
Compresores	Compresor Hyper	Tomar muestra de aceite del cárter	Tarea BEC Operaciones	MCOD	Predictivo	Falla cojinetes-Biela y bancada	Una vez al mes
Compresores	Compresor Hyper	Reengrasar rodamientos motor de SP2259 A/B	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Falla sistema lubricación carter	Cada 6 meses
Compresores	Compresor Hyper	Reengrasar rodamientos motor de SP2264 A/B	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Escape aceite de Glandula	Cada 6 meses
Compresores	Compresor Hyper	Inspeccionar y reapretar anclajes de tuberías de succión y descarga	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Vibración en Tuberías	Cada 1 año
Compresores	Compresor Hyper	Inspección y calibración- A sistema de lubricación de cilindros (Inspección, limpieza y calibración -Manzel)	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Falla de internos de los cilindros	Cada 1 año
Compresores	Compresor Hyper	Realización de pruebas funcionales (IPF)	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Falla oculta en instrumentación	Cada 1 año
Compresores	Compresores	Lavado de motor	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Bajo aislamiento del motor	Cada 1 año
Compresores	Compresores	Prueba funcional a calefacción del motor	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Bajo aislamiento del motor	Cada 1 año
Compresores	Compresor Hyper	Realizar cambio del aceite del cojinete del motor eléctrico	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Falla del rodamiento del motor	Cada 1 año
Compresores	Compresor Hyper	Inspección/metrología del cilindro, reparación de internos - Mantenimiento General	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Falla de internos de los cilindros	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Reparación general de los manzels- Cambio de bombines que presenten mala operación, cambio de retenedores, cigüeñales, acoples	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Falla de internos de los cilindros	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Inspección de las cuñas de lubricación	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla de cojinete de bancada	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Cambio de sellos de gas de cilindro	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla de sello de gas	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Mantenimiento sistema de lubricación del cárter SP2259AB	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla de cojinete de bancada	Cada 3 años

Compresores	Compresor Hyper	Mantenimiento sistema de circulación de aceite a glandulas SP2264AB-cambiar filtros de aceite	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla de glándulas	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Mantenimiento (limpieza) intercambiadores de aceite (SE2215/2216/2217)	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Daño de válvulas y sellos	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Mantenimiento (limpieza) intercambiadores de succión (SE2203/04/05)	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Daño de válvulas y sellos	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Mantenimiento válvulas HCV22503/HCV22505	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Daño de válvulas y sellos	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Limpieza de Base Civil	Mantenimiento Contratado	MCOD	Preventivo	Falla de base Civil	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar cambio de rascadores de aceite barras móviles	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla de retenedores	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar cambio de los sellos de labio de las glándulas	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Escape de aceite por glandula	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar reparación de las válvulas duales	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla de componentes de válvulas duales	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar alineación de los plunger	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla de sellos de gas	Cada 3 años
Compresores	Compresor Hyper	Inspeccionar y cambiar cojinetes de bancada y biela-Mantenimiento General	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla cojinetes-Biela y bancada	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar cambio de las cuñas de lubricación	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla cuñas de lubricación	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Inspeccionar y/o Cambiar zapata del patin principal - Mantenimiento General	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Desgaste de zapata de patin principal	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Inspeccionar y/o cambiar zapata de patin auxiliar - Mantenimiento General	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Desgaste de zapata patin auxiliar	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar Mantenimiento a sistema de lubricación a patines manzel (limpieza, inspección,calibración y cambio de partes) - Mantenimiento General	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla patines auxiliares	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar Mantenimiento a sistema de lubricación a cilindros manzel (limpieza, inspección,calibración y cambio de partes) - Mantenimiento General	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla internos cilindros	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar inspección, limpieza y pintura de Base civil - Reparar Base Civil - Mantenimiento General	Mantenimiento Contratado	MCOD	Preventivo	Falla de base Civil	Cada 6 años

Compresores	Compresor Hyper	Realizar cambio de aceite de Lubricación de Carter - Mantenimiento General	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla de Cojinetes de bancada-Biela	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar cambio de filtros del sistema de lubricación del cárter	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla de Cojinetes de bancada-Biela	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar reparación de los cilindros-cambio y/o reparación de sellos de gas, valvulas duales, plunger, glándulas, cilindros.	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla de internos de los cilindros	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Alinear los yokes del compresor	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Desalineación del Yoke	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar inspección, calibración, cambio de los cojinetes planos de los yokes	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla cojinetes planos del Yoke	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Tomar alineación de las bancadas del compresor	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Desalineación de bancadas	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar inspección de los soportes, ajuste y cambio de los que presente alguna condición de falla	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Falla tuberías/desalineamiento plungers	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Reparar válvulas de seguridad asociadas al compresor	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Falla válvulas de seguridad	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar cambio de los casquetes de biela	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Falla casquetes de biela	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar medida de deflexión, torcedura y crush de las bielas	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Falla casquetes de biela	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar limpieza de las tuberías de succión/descarga para eliminar grasa y partículas sólidas	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Falla válvulas duales	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar reparación (limpieza) del intercambiador SE2260	Mantenimiento Propio	MCOD	Predictivo	Falla cojinetes bancada-axiales-biela-patines ppales	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar reparación (limpieza) del intercambiador SE2261	Mantenimiento Propio	MCOD	Predictivo	Falla de glándulas	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar mantenimiento general SP2259AB	Mantenimiento Propio	MCOD	Predictivo	Falla cojinetes bancada-axiales-biela-patines ppales	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar mantenimiento general SP2264AB	Mantenimiento Propio	MCOD	Predictivo	Falla de glándulas	Cada 6 años
Compresores	Compresor Hyper	Realizar inspección por ultrasonido del cigüeñal	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla del cigüeñal	Cada 12 años

Compresores	Compresor Hyper	Realizar inspección por ultrasonido del Yoke	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla del Yoke	Cada 12 años
Compresores	Compresor Hyper	Cambio de Cilindro - Mantenimiento General	Mantenimiento Mixto	MCOD	Preventivo	Falla de cilindro	Cada 18 años
Compresores	Compresor Hyper	Cambio de aceite de Lubricación de Carter según condición	Mantenimiento Propio	MCOD	Predictivo	Falla sistema lubricacion carter	Según condición
Compresores	Compresor Hyper	Cambiar filtro de sistema de lubricación	Mantenimiento Propio	MCOD	Predictivo	Falla cojinetes de bancada-biela	Según condición
Compresores	Compresor Hyper	Cambiar del filtro del sistema Glandula	Mantenimiento Propio	MCOD	Predictivo	Falla de glándulas	Según condición
Compresores	Compresor Hyper	Inspeccionar/ reparar/ cambiar según condicion	Mantenimiento propio	MCOD	Preventivo	Falla de contactos de arranque y parada	5 años
Compresores	Compresor Hyper	Mantenimiento y prueba funcional del interruptor de fuerza	Mantenimiento propio	MCOD	Preventivo	Falla del interruptor de fuerza	5 años
Compresores	Compresor Hyper	Inpeccionar/ reparar/ cambiar según condición los relés de protección	Mantenimiento propio	MCOD	Preventivo	Falla relé de protección	2 años
Compresores	Compresor Hyper	Monitorear en ronda semanal verificando lecturas de corriente, tension, temperatura y mensajes de falles internas del relé.	Ronda confiabilidad CEE	MCOD	Predictivo	Falla relé de protección	Una vez por semana
Compresores	Compresor Hyper	Realizar ronda de termografía a equipos auxiliares y programar mantenimiento según condicion	Mantenimiento Propio	MCOD	Predictivo	Alta temperatura (punto caliente) en la casillas (480 voltios AC) en equipos auxiliares (Bombas de lubricación)	Cada 6 meses
Compresores	Compresor Hyper	Toma de medida de aislamiento motor/cableado	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Pérdida de aislamiento del motor eléctrico	Cada puesta en servicio
Compresores	Compresor Hyper	Toma de medida de aislamiento motor/cableado equipos auxiliares	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Pérdida de aislamiento de los motores eléctricos equipos auxiliares	Cada 4 meses
Compresores	Compresor Hyper	Reparar motor eléctrico/realizar cambio del cableado de fuerza, programar lavado del estator y rotor del motor	Mantenimiento Propio	MCOD	Preventivo	Pérdida de aislamiento del motor eléctrico	Según condición
Compresores	Compresor Hyper	Medir valores de voltaje en caja de conexiones	Mantenimiento propio	MCOD	Predictivo	Falla sensores Prognost (Vibracion/temperatura)	Según condición
Compresores	Compresor Hyper	Realizar curva de calibración/cambiar según condición	Mantenimiento propio	MCOD	Predictivo	Falla sensores prognost (Vibracion/temperatura)	Según condición
Compresores	Compresor Hyper	Realizar prueba de continuidad y medición de voltajes	Mantenimiento propio	MCOD	Predictivo	Falla de cableados sensores prognost	Según condición

Compresores	Compresor Hyper	Inspeccionar la UPS en busca de fallas para definir acciones correctivas según condición	Mantenimiento propio	MCOD	Preventiva	Falla de alimentación al sistema Prognost	Cada 4 meses
Compresores	Compresor Hyper	Verificar tendencia de temperatura en el cuarto técnico (20-25C).	Ronda del operador	MCOD	Predictivo	Falla memoria/procesador /tarjetas/modulos	Una vez por turno

Fuente: Los autores

11 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EQUIPOS PILOTO

11.1 FORMATO DE ACTUALIZACIÓN DE CATÁLOGOS E INVENTARIOS (FACI)

Como parte del desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad en ECOPETROL S.A se lleva a cabo la subdivisión y catalogación de subsistemas y partes de cada uno de los equipos en un formato estandarizado diseñado especialmente para la inclusión, modificación u omisión de repuestos en el sistema para la gestión del mantenimiento ELLIPSE. De cada equipo se toma el manual original de instrucciones y se extrae el listado de partes tomando de allí los planos, los numero de parte, la descripción dada por el fabricante y el número de ítem en el plano, posteriormente se lleva a cabo una clasificación de los repuestos basada en los modos de falla del equipo analizado y la experiencia del ingeniero especialista de equipo rotativo (Elber Fernando Ruiz Rueda) para luego basándose en esta clasificación definir los parámetros de reposición y compra para cada repuesto. A continuación se realiza la explicación detallada de este formato.

El formato FACI es un documento especialmente diseñado para facilitar la actualización, modificación o eliminación del inventario de repuestos en el software para la gestión de activos usado por ECOPETROL S.A. ELLIPSE, contiene toda la información relevante de un repuesto en específico:

Descripción: Es el nombre o la descripción original dada por el fabricante en el idioma original.

Drawing: Contiene el número de plano dado por el fabricante en donde se esquematiza el repuesto.

Ítem: Es el número de pieza del repuesto en el plano o dibujo en donde se esquematiza.

UM: Unidad de medida, corresponde a la unidad de despacho.

N° parte: Es el número o código de parte dado por el fabricante para el repuesto.

Nemónico: Es el código o sigla dado por ECOPETROL S.A al fabricante del repuesto.

PC: Preferencia de compra, se usa cuando el repuesto es suministrado por más de un fabricante e indica la preferencia que se le da a cada uno para la adquisición del repuesto.

Nombre popular: Es el nombre local (jerga popular) con el que se conoce el repuesto.

Equipo/Comp.: Es el código TAG del equipo o el componente al que pertenece el repuesto

Código: Este código se asigna cuando existen repuestos con un número de parte igual y permite diferenciarlos.

CRPI: Cantidad requerida para inicio, es el número de repuestos de ese tipo que se requieren para un equipo nuevo.

CRMN: Cantidad requerida para un mantenimiento normal, es la cantidad de repuestos que se requiere para una intervención preventiva.

CRMG: Cantidad requerida para un mantenimiento general, es el número de repuestos necesarios para una reparación general o overhaul.

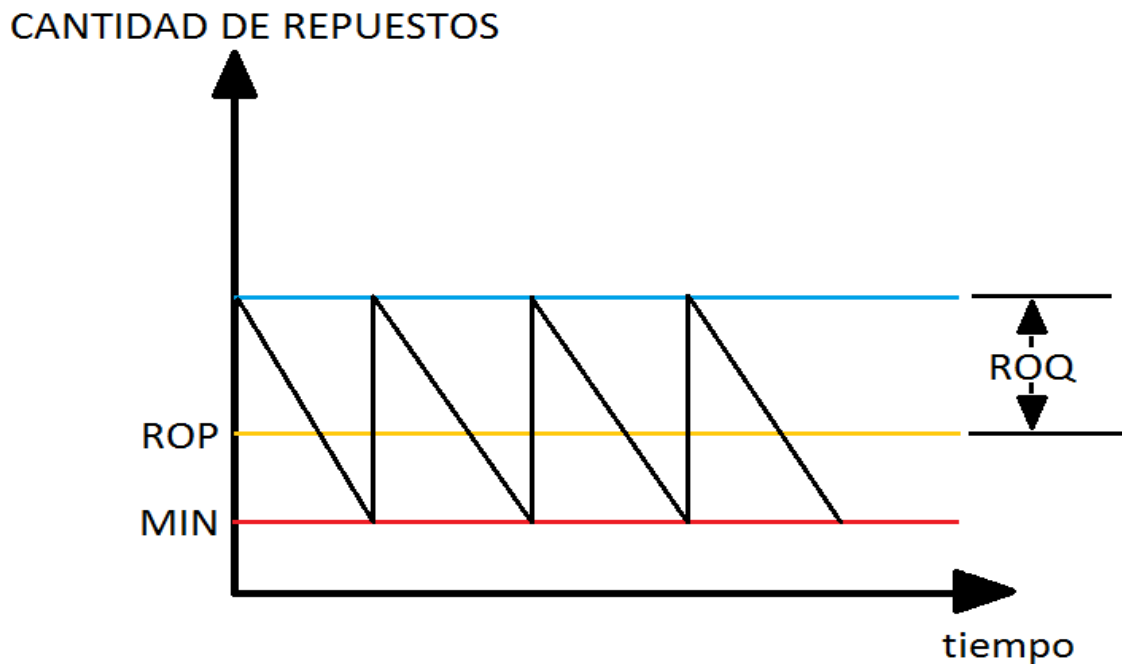
CL: Clasificación, es la clasificación del repuesto según su impacto operacional y el riesgo de aprovisionamiento.

VU: Valor unitario, es el precio actual del repuesto dado en pesos colombianos.

Parámetros de reposición: Son los parámetros de compra del repuesto, definen la frecuencia y cantidad de compra y se establecen según la criticidad del repuesto

y el número requerido, estos parámetros se usan para el stock de repuestos para fallas inesperadas, en la figura 28 se muestra el comportamiento de estos parámetros.

Figura 37. Parámetros de reposición.



Fuente: Los autores

ROP: Punto de re-orden, es el número mínimo de repuestos en bodega donde se debe empezar a gestionar una nueva compra.

ROQ: Cantidad a pedir cuando se alcanza el punto de re-orden

MIN: Cantidad mínima de repuestos en stock permitida.

Los parámetros de reposición representan la esencia principal del FACI ya que estos definen el gasto y reposición de repuestos para fallas no programadas, por otra parte los parámetros para mantenimiento general y mantenimiento rutinario (CRMN Y CRMG) no son relevantes ya que cada que se acerca una parada planeada se revisa y establece en la planeación los repuestos necesarios según el

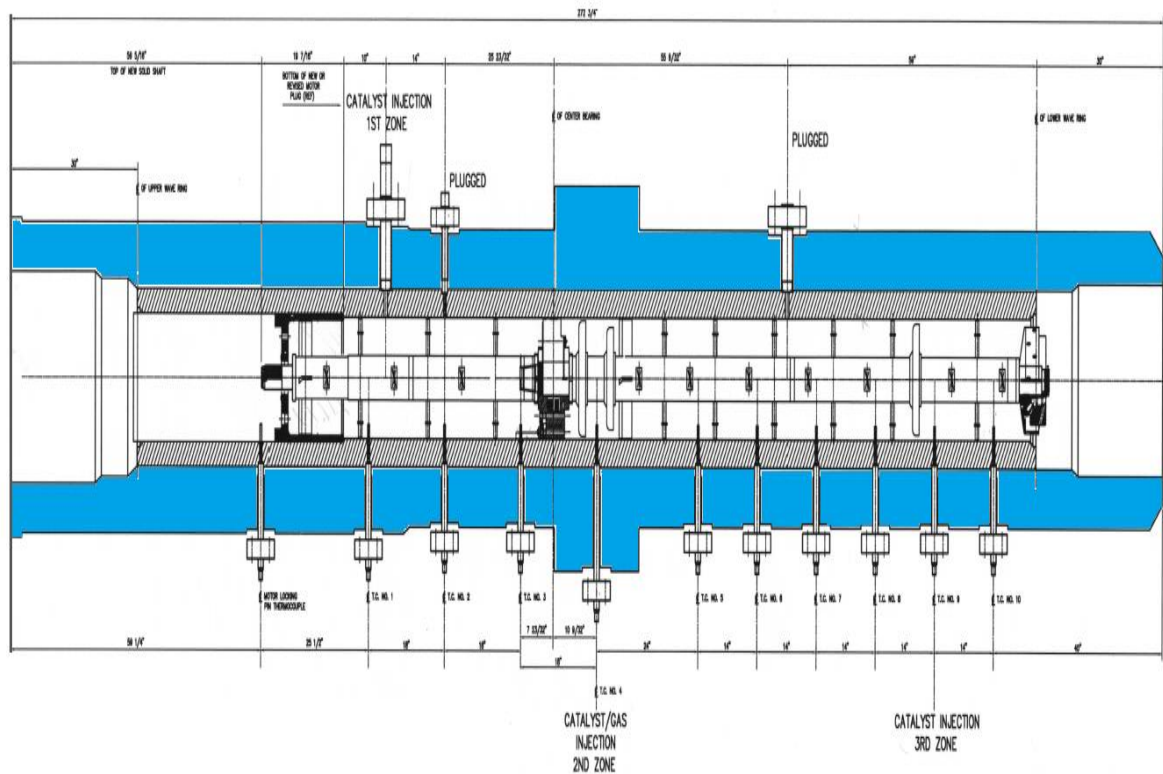
alcance propuesto, y debido a que la planeación se realiza con un tiempo de anticipación adecuado los repuestos estarán disponibles para dichos mantenimientos, es por esta razón que los parámetros para mantenimiento programado no se establecen en los FACI realizados en este capítulo, el valor unitario de los repuestos es basado en los precios actuales dados por el fabricante, esta labor es realizada por funcionarios de la bodega de materiales, es por esto que en el presente proyecto de grado no son incluidos ya que sale del alcance de ingeniería de equipo rotativo. En la columna CRPI se escribió la cantidad de repuestos del mismo tipo que utiliza la máquina.

A continuación se muestran los formatos a actualización de catálogos e inventarios de los equipos piloto seleccionados. En el anexo A se muestran los planos referenciados en cada FACI, para el caso del reactor SR2201 no se anexan los planos debido a que los planos referenciados son planos con ingeniería de detalle y no es posible reproducirlos ya que representan un elevado costo.

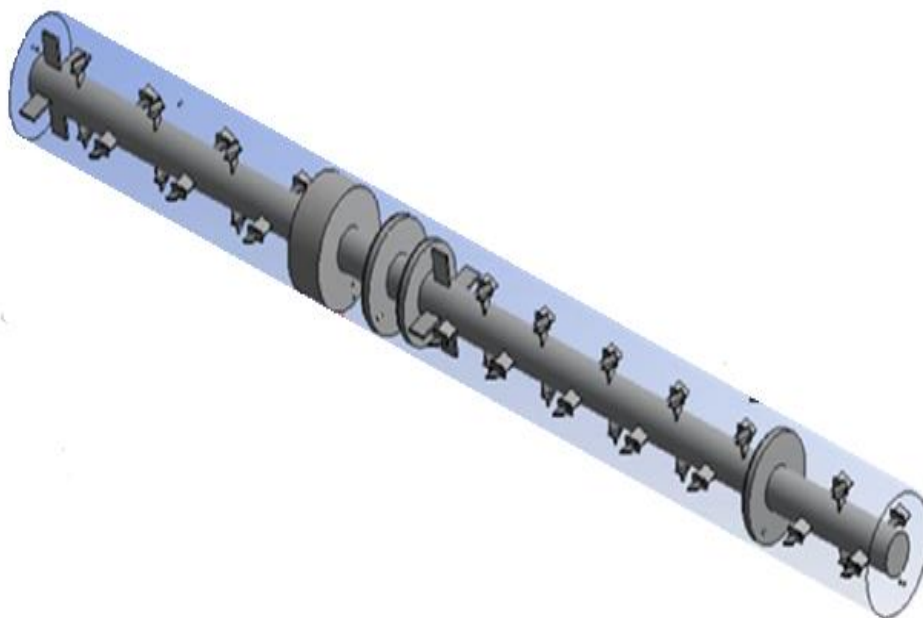
11.1.1 FACI reactor SR2201: Los reactores de polietileno del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A. fueron sometidos a una actualización realizada en el año 2008 en la cual se rediseñaron los componentes internos, esto fue realizado por la compañía DOW CHEMICAL la cual se encargó de entregar los planos detallados de cada componente interno del reactor a ECOPETROL S.A., una vez recibida la ingeniería de detalle se prosiguió a entregar los planos a la empresa estadounidense Baton Rouge Machine Works la cual se encargó de fabricar los componentes. Debido a que el diseño fue exclusivamente realizado para ECOPETROL S.A., los repuestos para el reactor no están disponibles y deben ser fabricados según planos cada que sea necesario, es por esta razón que en el siguiente FACI del reactor SR2201 se definen los repuestos y números de parte según los planos entregados por la DOW CHEMICAL.

El reactor SR2201 es un equipo de alta presion en la cual sucede la polimerizacion del etileno para dar lugar a una masa viscosa de polietileno que posteriormente se convierte en los pellets que son el producto final. El reactor funciona a una presion de 18000 psig, recibe el gas etileno a esta presion y a una temperatura de 370 °F, mediante unos inyectores, bombas de desplazamiento positivo inyectan dos tipos de quimicos iniciadores (Terbutilperoxipivarato - Terbutilperxiacetato) que aceleran y hacen mas efectiva la polimerizacion, con la ayuda de dos ejes, provistos de una serie de paletas, que giran a 1150 RPM se da el proceso de mezclado entre el etileno y los iniciadores. Solo entre un 13% y un 14% del gas etileno que ingresa al reactor se polimeriza. En la figura 38 se puede observar un esquema del reactor SR2201, en donde se representa la carcasa exterior del mismo y el sistema de agitacion.

Figura 38. Reactor de polietileno tipo autoclave SR2201



Continuacion figura 38. Reactor de polietileno tipo autoclave SR2201



Fuente: Modificado de planos SR2201 ECOPETROL S.A.

A continuación se muestra el formato a actualización de catálogos e inventarios FACI del reactor SR2201

FACI REACTOR SR2201

RESOLUCIÓN		ecopETROL		FORMA PARA ACTUALIZAR CATALOGO E INVENTARIO EN ELLIPSE		F A C I No.		DataBANK MKS Management Knowledge Solutions												
1		ORIGINADOR:		Distrito: GCB		Dependencia: 10000308		Fecha: 2015 / 01 / 07												
		Nombre y Apellido:				Reg.		Nombre y Apellido:												
		Solicitante:				Reg.		Autorizador - Soporte Técnico Catálogo												
								Reg.												
2 INFORMACIÓN DE CATALOGO E INVENTARIO:																				
(TA) TIPO DE ACTUALIZACIÓN: ELIMINAR ☐ E ☐ FUSIONAR ☐ F MODIFICAR ☐ M ☐ A REFERENCIACRUZADA ☐ A				UNIDAD DE MEDIDA: CT MT KT LB JT QT CY CO EA SF BG FT RO M3 FR GA BX CH SH DM KG PT GR SI DZ BT ML CF TM YD OZ PR				PC: Preferencia de Compra CRPI: Cantidad Requerida Para Inicio CRMN: Cantidad Requerida para un Mito Normal CRMG: Cantidad Requerida para un Mito General		VU: Valor Unitario (\$) ROP: Punto de reorden ROQ: Cantidad a pedir MIN: Inventario mínimo										
CL: Clasificación según impacto operacional *				CRITICO SOPORTE		☐ K ☐ S		ESENCIAL USUARIO		☐ E ☐ U		ESPECIAL NO REORDENAR		☐ P ☐ M						
#	TA	Código	Descripción	Drawing	Item	UM	N° parte	Nemonico	PC	Nombre popular	Equipol/Comp./EGI	Código ¹	CRPI	CRMN	CRMG	CL	VU	ROP	ROQ	MIN
1	A	004520444	SPRAY NOZZLE FOR MOTOR PLUG	B-2040016-15200-1	NO ITEM	EA	1HSS-15200	BRMW	01	Baquilla de pulverización conector del motor	SR2201SR2251					U		0	0	0
2	A		15° CENTER BEARING ASSEMBLY	B-2040016-221-1	13	EA	BR-P201-3	BRMW		Abracadadora central	SR2201SR2250					U		0	0	0
3	A		BUSHING 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - A-1540-8	B-2040016-1540-8-1	3	EA	PTC218	BRMW	01	Boje abrazadera central	SR2201SR2251					K		2	2	2
4	A		LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - A-1540-11	B-2040016-1540-11-1	9	EA	PTC214	BRMW	01	Acople abrazadera central	SR2201SR2251					E		1	1	1
5	A		GUIDE STUD 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - A-1540-12	B-2040016-1540-12-1	14	EA	PTC211	BRMW	01	Tornillo guía abrazadera central	SR2201SR2251					K		1	1	1
6	A		STUD 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E-1540-10	B-2040016-226-1	8	EA	PTC216	BRMW	01	Tornillo abrazadera central	SR2201SR2251					K		3	2	3
7	A		GUIDE LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E-1540-13	B-2040016-227-1	15	EA	PTC212	BRMW	01	Acople guía abrazadera central	SR2201SR2251					E		1	1	1
8	A		GUIDE LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E-1540-14	B-2040016-228-1	17	EA	PTC208	BRMW	01	Acople guía abrazadera central	SR2201SR2251					E		1	1	1
9	A		GUIDE LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E-1540-15	B-2040016-229-1	18	EA	PTC207	BRMW	01	Acople guía abrazadera central	SR2201SR2251					E		1	1	1
10	A		TIE LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E-1540-16	B-2040016-230-1	19	EA	PTC215	BRMW	01	Acople de sujeción	SR2201SR2251					E		2	1	1
11	A		BEARING STUD LOCK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E-1540-17	B-2040016-231-1	16	EA	B-2040016-231-1	BRMW	01	Perno de bloqueo abrazadera central	SR2201SR2251					K		1	1	1
12	A		HANGER 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E-1540-6	B-2040016-232-1	25	EA	PTC206	BRMW	01	Hanger abrazadera central	SR2201SR2251					E		1	1	1
13	A		TIE LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E-1540-7	B-2040016-233-1	1	EA	PTC219	BRMW	01	Acople de sujeción	SR2201SR2251					E		1	1	0

±	A		ECCENTRIC STOP & 15" CENTER BEARING ASSEMBLY - E - 1540 - 9	B-2040016-234-1	7	EA	PTC-209	BRMW	01	Tope excéntrico abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
±	A		ECCENTRIC CAM 15" CENTER BEARING ASSEMBLY - E - 1540 - 10	B-2040016-234-2	4	EA	PTC-210	BRMW	01	Leva excéntrica abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
±	A		STIRRER SHAFT VANE- SOLID SHAFT-14.75" O.D	B-2040016-437-1	NO ITEM	EA	B-2040016-437-1	BRMW	01	Paletas del eje del agitador	SR2201/SR2251					E		2	1	1
±	A		STIRRER SHAFT VANE- SOLID SHAFT-11.75" O.D	B-2040016-438-1	NO ITEM	EA	B-2040016-438-1	BRMW	01	Paletas del eje del agitador	SR2201/SR2251					E		2	1	1
±	A		STIRRER ANGULAR BLADE - SOLID SHAFT - ANGULAR BLADE	B-2040016-440-1	NO ITEM	EA	B-2040016-440-1	BRMW	01	Cuchilla angular del agitador	SR2201/SR2251					E		2	1	1
±	A		FINNED BAFFLE CENTER BEARING BAFFLE - SOLID SHAFT	B-2040016-441-1	NO ITEM	EA	B-2040016-441-1	BRMW	01	Baffle aleteado abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
±	A		STIRRER SHAFT VANE - SOLID SHAFT - 11.75" O.D	B-2040016-448-1	NO ITEM	EA	B-2040016-448-1	BRMW	01	Paletas del eje del agitador	SR2201/SR2251					E		2	1	1
±	A		STIRRER ANGULAR BLADE HI GAS RATE SHAFT	B-2040016-489-1	NO ITEM	EA	B-2040016-489-1	BRMW	01	Cuchilla angular del agitador	SR2201/SR2251					E		2	1	1
±	A		FINNED BAFFLE CENTER BEARING BAFFLE - HGRS 12.7" O.D.	B-2040016-492-1	NO ITEM	EA	B-2040016-492-1	BRMW	01	Baffle aleteado abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
±	A		FINNED BAFFLE CENTER BEARING BAFFLE - HGRS 14.25" O.D.	B-2040016-493-1	NO ITEM	EA	B-2040016-493-1	BRMW	01	Baffle aleteado abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
±	M	4528386	MOTOR PLUG	B-2040016-5309-1	NO ITEM	EA	BR-MP-1	BRMW	01	Conector del motor	SR2201/SR2251					E		1	1	1
±	A		MOTOR PLUG SEAL RING	B-2040016-5310-1	NO ITEM	EA	B-2040016-5310-1	BRMW	01	Anillo de sello conector del motor	SR2201/SR2251					K		1	1	1
±	A		SPRAY TIP - TOP INLET NOZZLE	B-2040016-6721P-1	NO ITEM	EA	B-2040016-6721P-1	BRMW	01	Boquilla de pulverización cima	SR2201/SR2251					U		0	0	0
±	M	004528378	BOTTOM BEARING SUPPORT- BEARING SUB ASSEMBLY	D-2040016-101-1	NO ITEM	EA	BR-P1A-C	BRMW	01	Soporte rodamiento de fondo	SR2201/SR2251					U		0	0	0
±	A		BOTTOM SHROUD BEARING SUB ASSEMBLY - 6721P	D-2040016-102-1	NO ITEM	EA	D-2040016-102-1	BRMW	01	Cubierta rodamiento de fondo	SR2201/SR2251					U		0	0	0
±	A		INTERNAL CLAMP - 15" CENTER BEARING ASSEMBLY - B - 1540 - 2	D-2040016-222-1	2	EA	PTC-201	BRMW	01	Abrazadera interna, abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	0
±	M	360016	BEARING HOUSING 15" CENTER BEARING ASSEMBLY - B - 1540 - 3	D-2040016-223-1	10	EA	PTC-202	BRMW	01	Alojamiento abrazadera central	SR2201/SR2251					U		0	0	0
±	M	359885	HOUSING FLANGE 15" CENTER BEARING ASSEMBLY - B - 1540 - 4	D-2040016-224-1	5	EA	PTC-203	BRMW	01	Brida de alojamiento abrazadera central	SR2201/SR2251					U		0	0	0
±	M	359893	SHAFT FLANGE 15" CENTER BEARING ASSEMBLY - B - 1540 - 5	D-2040016-225-1	6	EA	PTC-204	BRMW	01	Brida eje abrazadera central	SR2201/SR2251					U		0	0	0
±	M	359901	SHAFT FLANGE THREADED 20" CENTER BEARING ASSEMBLY - B - 1540 - 6	D-2040016-225-1	11	EA	PTC-205	BRMW	01	Brida eje del agitador abrazadera central	SR2201/SR2251					U		0	0	0
±	M	004526976	UPPER STIRRER SHAFT - MODIFIED SOLID SHAFT - 3 & 4 ZONE	D-2040016-264-1	NO ITEM	EA	U1-12/07-BRMW	BRMW	01	Eje superior agitador	SR2201/SR2251					U		0	0	0
±	M	004526984	LOWER STIRRER SHAFT - MODIFIED SOLID SHAFT - 3 ZONE	D-2040016-266-1	NO ITEM	EA	L1-12/07-BRMW	BRMW	01	Eje inferior agitador	SR2201/SR2251					U		0	0	0

36	M	004528378	BOTTOM BEARING SUPPORT-15" REACTOR BOTTOM BEARING	B-2040016-137A-1	NO ITEM	EA	BR-PIA-C	BRMW	01	Soporte rodamiento de fondo	SR220VSR2251					U		0	0	0
37	A		STUD - CENTER BEARING ASSEMBLY	B-2040017-226-1	8	EA	PTC-216	BRMW	01	Tornillo abrazadera central	SR220VSR2251					K		3	2	3
38	A		STUD - CENTER BEARING ASSEMBLY	B-2040017-226-1	26	EA	PTC-217	BRMW	01	Tornillo abrazadera central	SR220VSR2251					K		1	1	1
39	M	360362	WASHER;	NO DRAWING	NO ITEM	EA	E5-163-DEC-151-6	BRMW	01	Arandela	SR220VSR2251					E		1	3	1
40	M	3685823	RING, WEARING RING, WAVE, UPPER & LOWER	NO DRAWING	NO ITEM	EA	12117	METCOL	01	Anillo de desgaste superior e inferior	SR220VSR2251					E		2	2	2
41	M	004392590	ROLLWAY MCS 221-109, M50 STEEL ROLLERS AND RACE, MACHINED ALUMINIUM BRONZE CAGE WITH 0.012" -0.014" INTERNAL CLEARANCE. BEARING FOR HIGH TEMPERATURE APPLICATIONS UNTIL 800F.	D-2040017-221-1	13	EA	MCS 221-109	ROLLWAY	01	RODAMIENTO DE RODILLOS CILINDRICOS	SR220VSR2251					K		6	6	6
42	M	004392616	ROLLWAY E1218 UMR110, M50 STEEL ROLLERS AND RACE, MACHINED SILICON IRON BRONZE CAGE WITH 0.010"-0.012" INTERNAL CLEARANCE. BEARING FOR HIGH TEMPERATURE APPLICATIONS UNTIL 800F.	B-2040016-137A-1	6	EA	E1218 UMR110	ROLLWAY	01	RODAMIENTO DE RODILLOS CILINDRICOS	SR220VSR2251					K		3	4	3
43	M	000359489	TORRINGTON ROLLER D-3461C		7	EA	D-3461-C	TORRINGTON	01	RODAMIENTO DE EMPUJE	SR220VSR2251					K		4	4	4

Código *: Espacio para código ELLIPSE para referencia cruzada o fusión.

*** Clasificación según impacto operacional (CL)**

"K-CRITICO": Alto impacto en la operación y la productividad, su falla ocasiona alto lucro cesante y/o alto riesgo para las personas, las instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa. Limitada disponibilidad en el mercado debido a su alta complejidad técnica y grado de especialización.

"E-ESPECIAL": Alto impacto en la operación, pero pueden ser reemplazados sin afectar los niveles de productividad esperada. Representa moderados riesgos para las personas, las instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa. Buena disponibilidad en el mercado debido a su alto nivel de estandarización.

"P-ESPECIAL": Son materiales de diseño o utilización especial que forman parte de subprocesos que soportan la operación básica. Su impacto es muy particular en los niveles de productividad esperada o en la operación directa. La reposición se hará con base en los parámetros de nivel y cantidad.

"S-SOPORTE": Bajo impacto en la operación y la productividad. Su falta ocasiona bajos riesgos para las personas, instalaciones, medio ambiente o imagen de la empresa. Son de alta disponibilidad en el mercado debido a su baja complejidad técnica.

"U-USUARIO": Reposición bajo responsabilidad del usuario. No se mantiene inventario en la bodega. Debe estar presupuestado en el PAC y su gestión de compra se realiza con base en solicitudes de materiales debidamente planeadas.

JUSTIFICACIÓN DE LA CATALOGACIÓN:

Se requiere catalogar adecuadamente cada uno de los repuestos de los reactores de polimerización de polietileno, con el fin de mantener un stock mínimo que permita la disponibilidad inmediata de repuestos ante una eventual o inesperada falla

APLICACIÓN O UTILIZACIÓN: (Indicar la Marca, Modelo y Serie del equipo donde se instalará- TAG):

SR 2201 - SR 2251

CONDICIONES DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO:

Almacenar en sitios libres de humedad y polvo.

INSTRUCCIONES DE SUMINISTRO Y CHEQUEO DE MATERIAL:

Norma(s) o certificados de calidad: _____

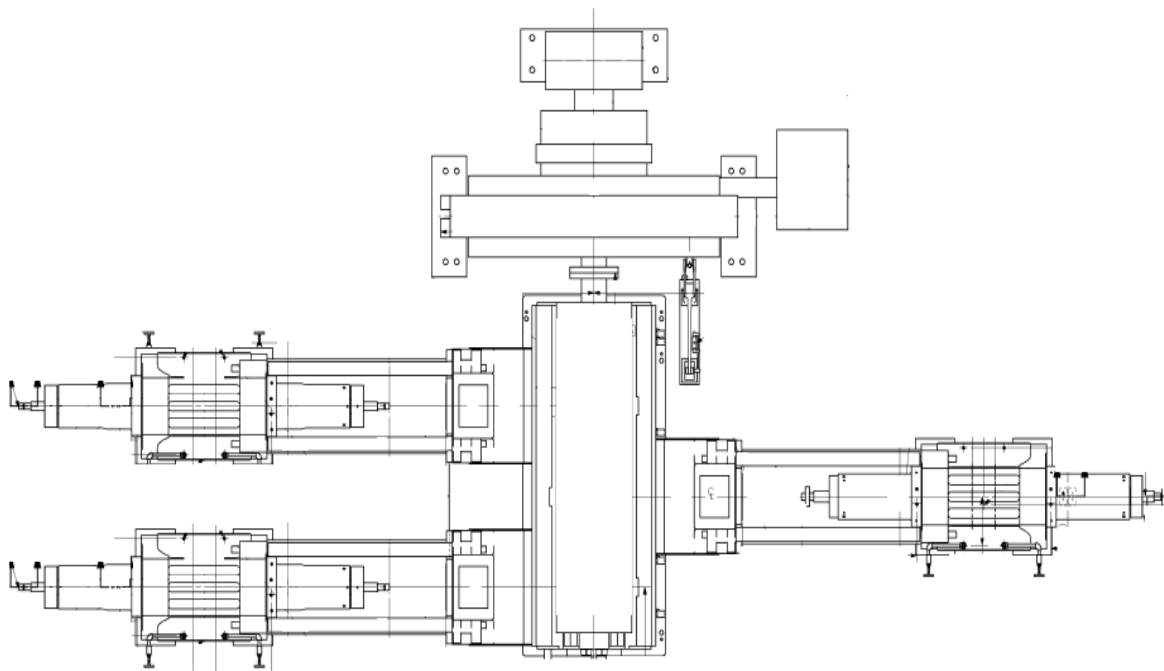
Prueba(s) de aceptación: _____

JUSTIFICACIÓN DE LA CANTIDAD REQUERIDA, OBSERVACIONES GENERALES PARA ALMACÉN E INVENTARIO: 	
NO DILIGENCIAR	3 ACCIONES EJECUTADAS POR CATALOGACION Y ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS: CATALOGADOR: Nombre y Apellido Reg. ADMINISTRADOR DE INVENTARIOS: Nombre y Apellido Reg. Fecha: aa / mm / dd

Fuente: Los autores

11.1.2 FACI compresor SC2253: El compresor SC2253 pertenece a la planta de polietileno II del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A., se encarga de elevar la presión del etileno desde 3000 psig hasta 18000 psig presión a la cual sucede el proceso de polimerización del etileno, funciona mediante dos etapas de compresión y un sistema de enfriamiento inter-etapas el cual mejora la eficiencia de la compresión y permite que el equipo trabaje a temperaturas adecuadas, la primera etapa eleva la presión desde 3000 psi g hasta 7000 psig, esta primera etapa consta de 4 cilindros de compresión, la segunda etapa sube la presión hasta 18000 psig y consta de solo dos cilindros de tal manera que dos cilindros de la primera etapa alimentan un cilindro de la segunda. A continuación en la figura 39 se puede observar una vista superior del compresor hyper SC2253, y posteriormente se muestra el FACI de este compresor.

Figura 39. Compresor hyper de etileno SC2253



Fuente: Manual compresor SC2253 ECOPETROL S.A.

A continuación se muestra el formato a actualización de catálogos e inventarios FACI del compresor SC2253

FACI del compresor SC2253

MODIFICACION		ecopetrol		FORMA PARA ACTUALIZAR CATALOGO E INVENTARIO EN ELLIPSE		F A C I No.		Para el ADIN o Catalogador												
1 ORIGINADOR: Distrito: GRB Dependencia: 10000308 Fecha: 2014 10 12 Nombre y Apellido: Solicitante: Reg. Autorizador - Soporte Técnico Catálogo: Reg.																				
2 INFORMACIÓN DE CATÁLOGO E INVENTARIOS:																				
(TA) TIPO DE ACTUALIZACIÓN: ELIMINAR ☐ E ☐ FUSIONAR ☐ F MODIFICAR ☐ M ☐ ADICIONAR ☐ A REFERENCIA CRUZADA ☐ * * FC: Fabricar Con; ST: Sustituto Menor; SM: Sustituto Mayor; UC: Utilizar Con; AE: Agotar Existencias; ER: Existe Recuperado.				(UM) UNIDAD DE MEDIDA: CT MT KT LB JT QT IN ST EA SF BG FT RO M3 FR GA BX CN SH DM KG PT GR SI DZ BT ML CF TM YD OZ PR				PC Preferencia de Compra CRPI Cantidad Requerida Para Inicio CRMN Cantidad Requerida para un Mto Normal CRMG Cantidad Requerida para un Mto General		VU Valor Unitario (\$) ROP Punto de reorden ROQ Cantidad a pedir MIN Inventario mínimo										
CL Clasificación según impacto operacional *				CRITICO ☐ K ☐ S		ESENCIAL ☐ E ☐ U		ESPECIAL ☐ P ☐ N												
#	TA	Código	Descripción	Drawing	Ítem	UM	N° parte	Nemonico	P C	Nombre popular	Equipo/Comp /EGI	Código¹	CRPI	CRMN	CRMG	CL	VU	ROP	ROQ	MIN
1		004534020	CILINDRO	F25766AA	1	EA	1F43439	DRESSER	01	CILINDRO	SC-2253					U		0	0	0
2		000477133	BIRLO DEL CABEZAL EXTERNO	F25766AA	2	EA	1R50161	DRESSER	01	BIRLO DEL CABEZAL EXTERNO	SC-2253					U		0	0	0
3		000477141	BIRLO	F25766AA	5	EA	R46279	DRESSER	01	BIRLO	SC-2253					U		0	0	0
4	M	000477257	RONDANA	F25766AA	7	EA	W62051	DRESSER	01	RONDANA	SC-2253					E		6	4	6
5	M	003674041	BIRLO	F25766AA	8	EA	W119700P1	DRESSER	01	BIRLO	SC-2253					E		1	1	1
6	M	003674058	TUERCA	F25766AA	9	EA	38A4K9	DRESSER	01	TUERCA	SC-2253					E		2	2	0
7	M	003674009	BRIDA CABEZA EXTERIOR	F25766AA	11	EA	W104480	DRESSER	01	BRIDA CABEZA EXTERIOR	SC-2253					U		0	0	0
8	M	003674066	PERNO GUÍA	F25766AA	13	EA	17A13A287	DRESSER	01	PERNO GUÍA	SC-2253					K		2	2	2
9		004534160	CABEZA EXTERNA DEL CILINDRO	F25766AA	14	EA	H65683	DRESSER	01	CABEZA EXTERNA DEL CILINDRO	SC-2253					U		0	0	0
10	M	004534616	VÁLVULA 750DPBLP	F25766AA	15	EA	750DPBLPH646 SSD	DRESSER	01	VÁLVULA 750DPBLP	SC-2253					K		2	2	2

11	M	004534475	CAMISA DEL CILINDRO EXTREMO EXTERNO	F25766AA	16	EA	H65682	DRESSER	01	CAMISA DEL CILINDRO EXTREMO EXTERNO	SC-2253					K		1	1	1
12	M	004534061	SELLO DE GAS COMPLETO	F25766AA	17	EA	MLH65699G1	DRESSER	01	EMPAQUE COMPLETO	SC-2253					K		1	2	1
13	M	004534376	ANILLOS DE SELLO	F25766AA	18	EA	H37446T46	DRESSER	01	RETÉN	SC-2253					K		2	4	2
14	M	004534517	ESPACIADOR DEL FONDO DEL CILINDRO	F25766AA	19	EA	H65697	DRESSER	01	ESPACIADOR DEL FONDO DEL CILINDRO	SC-2253					K		2	2	2
15	M	000476259	PERNO ROLADO	F25766AA	20	EA	25A13C243	DRESSER	01	PERNO ROLADO	SC-2253					E		2	2	2
16	M	000476242	PERNO ROLADO	F25766AA	21	EA	25A13C170	DRESSER	01	PERNO ROLADO	SC-2253					E		2	2	2
17	M	004534400	SELLO DEL CILINDRO BARRENO 7.50	F25766AA	22	EA	W155356N	DRESSER	01	SELLO DEL CILINDRO BARRENO 7.50	SC-2253					K		4	4	4
18	M	004534319	EMPAQUE DEL ÉMBOLO DE VENTILACIÓN	F25766AA	23	EA	W155923	DRESSER	01	EMPAQUE DEL ÉMBOLO DE VENTILACIÓN	SC-2253					K		1	1	1
19	M	004533832	ANILLOS RENOVACIÓN	F25766AA	24	EA	W155923R	DRESSER	01	ANILLOS RENOVACIÓN	SC-2253					K		4	2	4
20	M	004534202	EMPQUE	F25766AA	25	EA	X1498T36	DRESSER	01	JUNTA	SC-2253					K		2	2	2
21	M	004534152	BRIDA DE ENFRIAMIENTO	F25766AA	26	EA	R62444A	DRESSER	01	BRIDA DE ENFRIAMIENTO	SC2253					K		1	1	1
22	M	004534418	SELLO ÉMBOLO ACEITE FRÍO	F25766AA	27	EA	W128595A	DRESSER	01	SELLO ÉMBOLO ACEITE FRÍO	SC-2253					K		8	6	8
23	M	004533824	O-RING	F25766AA	28	EA	20A11CM438	DRESSER	01	O-RING	SC-2253					K		2	2	2
24	M	004534152	FLANGE COOL GLAN	F25766AA	29	EA	R62444A	DRESSER	01	FLANGE COOL GLAN	SC2253					K		1	1	1
25	M	004533931	TORNILLO	F25766AA	30	EA	B11222E	DRESSER	01	TORNILLO	SC-2253					E		4	2	4
26	M	004533964	TORNILLO DE LA TAPA	F25766AA	31	EA	119A2A150	DRESSER	01	TORNILLO DE LA TAPA	SC2253					E		2	2	2
27		004534046	PLUNGER 4,375	F25766AA	32	EA	H65698	DRESSER	01	EMBOLO	SC-2253					K		1	1	1
28	M	000472928	ADAPTER	F25766AA	33	EA	W93580	DRESSER	01	ADAPTADOR	SC2253					E		8	8	8

29	M	000476457	NUT GLAND	F25766AA	34	EA	W72293	DRESSER	01	TUERCA DEL RETEN	SC2253					E		8	8	8
30	M	004534582	TUBE CYL LUBR	F25766AA	35	EA	W119998	DRESSER	01	TUBO DE LUBRICACION DEL CILINDRO	SC-2253					K		2	4	2
31	M	004533790	RING CONE	F25766AA	36	EA	W83481P1	DRESSER	01	ANILLO CONICO	SC-2253					E		2	4	2
32	M	000473041	COLLAR TUBE	F25766AA	38	EA	W93582	DRESSER	01	TUBO COLLARIN	SC2253					E		2	4	2
33	M	003674017	FLANGE OH INLT	F25766AA	39	EA	W106715	DRESSER	01	BRIDA DE ADMISION DE LA CABEZA EXTERIO	SC-2253					K		1	1	1
34	M	004533857	SEATINLET	H64655D	1	EA	F28510	DRESSER	01	ASIENTO DEE ADMISION	SC-2253					K		2	2	2
35	M	004533873	SEAT DISCHARGUE	H64655D	2	A	F28511	DRESSER	01	ASIENTO DE DESCARGA	SC-2253					K		2	2	2
36	M	004534285	STOP PLATE	H64655D	3	EA	F28509A	DRESSER	01	PLACA DE PARADA DE DISCO DE ADMISION	SC-2253					K		2	2	2
37	M	004534624	POPPET VALVE	H64655D	4	EA	R58829P18	DRESSER	01	VALVULA TIPO CASQUILLO	SC-2253					K		54	54	54
38	M	004534327	SPRING	H64655D	5	EA	PP1471	DRESSER	01	RESORTE	SC-2253					K		54	54	54
39	M	004534541	STUD VALVE	H64655D	6	EA	W104439	DRESSER	01	BIRLO DE LA VALVULA	SC-2253					K		12	4	12
40	M	000473256	NUT ALLEN	H64655D	7	EA	70A4A6	DRESSER	01	TUERCA ALLEN	SC-2253					K		21	21	21
41	M	001420397	LOCKWASHER	H64655D	8	EA	14A5C55	DRESSER	01	ARANDELA DE SGURIDAD	SC2253					K		21	21	21
42	M	004533949	BUJE	H65699	7	EA	H65674	DRESSER	01	BUJE DEL SELLO	SC-2253					K		2	2	2
43	M	001420397	LOCKWASHER	H65699	9	EA	14A5C55	DRESSER	01	RONDANA DE SEGURIDAD	SC2253					K		8	30	8
44	M	000473256	NUT ALLEN	H65699	10	EA	70A4A6	DRESSER	01	TUERCA ALLEN	SC-2253					K		2	1	2
45	M	004533915	BLOCK & ADAPTER	R48226E	1	EA	MLW113529G1	DRESSER	01	BLOQUE Y ADAPTADOR	SC-2253					K		2	2	2
46	M	004534509	SLEEVE PLGR CONN	R48226E	2	EA	R62447	DRESSER	01	CONECTOR DE CAMISA DEL EMBOLO	SC-2253					E		1	1	1

47	M	004534194	INSERT PLUNGER	R48226E	3	EA	W128596	DRESSER	01	INSERTO	SC-2253					K		2	2	2
48	M	004533998	COLLAR SPLIT	R48226E	4	EA	W128598	DRESSER	01	ANILLO COLLARIN	SC-2253					K		2	2	2
49	M	004534343	SPRING	R48226E	5	EA	W128599	DRESSER	01	RESORTE	SC-2253					K		2	2	2
50	M	004534210	LOCKNUT PLG CONN	R48226E	6	EA	W128597A	DRESSER	01	TUERCA	SC-2253					E		1	1	1
51	M	002593358	SETSCREW KEX SKT	R48226E	7	EA	109A2A48	DRESSER	01	TORNILLO DE AJUSTE BASE HEXAGONAL	SC2253					E		1	1	1
52	M	004534103	FLANGE CLAMPING	R48226E	8	EA	W128600	DRESSER	01	BRIDA	SC-2253					E		1	1	1
53		004534459	SETSCREW	R48226E	9	EA	W128601	DRESSER	01	TORNILLO	SC-2253					E		8	8	8
54		004534236	NUT JAM	R48226E	10	EA	23A4C3	DRESSER	01	TUERCA DE AMARE	SC-2253					E		8	8	8
55		000477133	BIRLO DEL CABEZAL EXTERNO	F25766AB	2	EA	1R50161	DRESSER	01	BIRLO DEL CABEZAL EXTERNO	SC-2253					U		0	0	0
56		003674116	ESPACIADOR	F25766AB	3	EA	W76276P1	DRESSER	01	ESPACIADOR	SC-2253					E		3	3	3
57	M	003674124	BIRLO	F25766AB	8	EA	W119700P2	DRESSER	01	BIRLO	SC-2253					E		2	1	2
58	M	003674058	TUERCA	F25766AB	9	EA	38A4K9	DRESSER	01	TUERCA	SC-2253					E		2	1	2
59	M	003674090	BRIDA CABEZA EXTERIOR	F25766AB	11	EA	W104493	DRESSER	01	BRIDA CABEZA EXTERIOR	SC-2253					U		0	0	0
60	M	003674157	PLUG FRAME END	F25766AB	12	EA	F27964	DRESSER	01	TAPÓN DEL MARCO DE MÁQUINA	SC-2253					U		0	0	0
61	M	004534178	CABEZA EXTERNA DEL CILINDRO	F25766AB	14	EA	H65704	DRESSER	01	CABEZA EXTERNA DEL CILINDRO	SC-2253					E		1	2	1
62	M	004534608	VÁLVULA 600DPBLP	F25766AB	15	EA	600DPBLPH64655E	DRESSER	01	VÁLVULA 750DPBLP	SC-2253					K		2	2	2
63	M	004534483	CAMISA DEL CILINDRO EXTREMO EXTERNO	F25766AB	16	EA	R58358A	DRESSER	01	CAMISA DEL CILINDRO EXTREMO EXTERNO	SC-2253					K		1	1	1
64		004534053	SELLO COMPLETO	F25766AB	17	EA	MLH33840G1	DRESSER	01	EMPAQUE COMPLETO	SC-2253					K		2	2	2

65	M	004534368	RETÉN	F25766AB	18	EA	H37446T19	DRESSER	01	RETÉN	SC-2253					K		8	10	8
66	M	004534525	ESPACIADOR DEL FONDO DEL CILINDRO	F25766AB	19	EA	H65705	DRESSER	01	ESPACIADOR DEL FONDO DEL CILINDRO	SC-2253					K		4	4	4
67	M	004534392	SELLO DEL CILINDRO BARRENO 6	F25766AB	22	EA	W155356H	DRESSER	01	SELLO DEL CILINDRO BARRENO 6	SC-2253					K		8	8	8
68	M	004534301	EMPAQUE DEL ÉMBOLO DE VENTILACIÓN	F25766AB	23	EA	W155820	DRESSER	01	EMPAQUE DEL ÉMBOLO DE VENTILACIÓN	SC-2253					K		2	2	2
69	M	004533840	ANILLOS RENOVACIÓN	F25766AB	24	EA	W155820R	DRESSER	01	ANILLOS RENOVACIÓN	SC-2253					K		8	8	8
70	M	004534079	EMPAQUE DE JUNTA DE LA CAJA	F25766AB	25	EA	X1498T29	DRESSER	01	EMPAQUE DE JUNTA DE LA CAJA	SC-2253					K		4	4	4
71	M	004533980	CAJA DE GLANDULA CAJA FRÍA	F25766AB	26	EA	R88848	DRESSER	01	CAJA GLANDULA ÉMBOLO CAJA FRÍA	SC-2253					K		2	2	2
72	M	004534426	SELLO ÉMBOLO ACEITE FRÍO	F25766AB	27	EA	W83147	DRESSER	01	SELLO ÉMBOLO ACEITE FRÍO	SC-2253					K		16	16	16
73	M	004533816	O-RING	F25766AB	28	EA	20A11CM428	DRESSER	01	O-RING	SC-2253					K		6	2	6
74	M	004533923	TORNILLO	F25766AB	30	EA	B11218E	DRESSER	01	TORNILLO	SC-2253					E		4	4	4
75		004534038	PLUNGER 4,375	F25766AB	32	EA	H65726	DRESSER	01	EMBOLO	SC-2253					K		2	2	2
76		004534590	TUBE CYL TUBE	F25766AB	35	EA	W89218P4	DRESSER	01	TUBO DE LUBRICACION DEL CILINDRO	SC-2253					E		2	2	2
77	M	004533808	RING CONE	F25766AB	36	EA	W83481	DRESSER	01	ANILLO CONICO	SC-2253					E		2	4	2
78		004534566	SLEEVE LUB TUBE	F25766AB	37	EA	W94331P1	DRESSER	01	TUBO DE LUBRICACION DE LA CAMISA	SC-2253					E		2	2	2
79	M	004533865	SEATINLET	H64655E	1	EA	H38040P1	DRESSER	01	ASIENTO DEE ADMISION	SC-2253					K		2	1	2
80	M	004534293	SEAT DISCHARGE	H64655E	2	A	H38039E	DRESSER	01	ASIENTO DE DESCARGA	SC-2253					K		2	2	2
81	M	004533881	STOP PLATE	H64655E	3	EA	H38041P1	DRESSER	01	PLACA DE PARADA DE DISCO DE ADMISION	SC-2253					K		2	2	2
82	M	004534624	POPPET VALVE	H64655E	4	EA	R58829P18	DRESSER	01	VALVULA TIPO CASQUILLO	SC-2253					K		48	48	48

83	M	004534335	SPRING	H64655E	5	EA	PP1472	DRESSER	01	RESORTE	SC-2253					K		48	48	48
84	M	000477166	STUD VALVE	H64655E	6	EA	525DP27	DRESSER	01	BIRLO DE LA VALVULA	SC-2253					K		9	3	9
85	M	004533956	BUJE	H33840 REV 01	7	EA	W101751	DRESSER	01	BUJE	SC-2253					K		2	2	2
86	M	004533907	BLOCK & ADAPTER	R48226F	1	EA	ML12616744G1	DRESSER	01	BLOQUE Y ADAPTADOR	SC-2253					K		2	2	2
87	M	004534491	SLEEVE PLGR CONN	R48226F	2	EA	H65706	DRESSER	01	CONECTOR DE CAMISA DEL EMBOLO	SC-2253					E		1	1	1
88	M	004534186	INSERT PLUNGER	R48226F	3	EA	W104504	DRESSER	01	INSERTO	SC-2253					K		4	2	4
89	M	004534004	COLLAR SPLIT	R48226F	4	EA	W98685P1	DRESSER	01	ANILLO COLLARIN	SC-2253					K		4	2	4
90	M	004534350	SPRING	R48226F	5	EA	W98686	DRESSER	01	RESORTE	SC-2253					K		4	2	4
91	M	004534228	LOCKNUT PLG CONN	R48226F	6	EA	W98684P1	DRESSER	01	TUERCA	SC-2253					E		1	1	1
92		002593358	SETSCREW KEX SKT	R48226F	7	EA	109A2A48	DRESSER	01	TORNILLO DE AJUSTE BASE HHEXAGONAL	SC2253					E		2	2	2
93	M	004534467	SETSCREW	R48226F	9	EA	W52233	DRESSER	01	TORNILLO	SC-2253					E		0	8	0
94	M	000476374	NUT JAM	R48226F	10	EA	40A4C3	DRESSER	01	TUERCA DE AMARE	SC-2253					E		1	8	1
95		476952	SHOE-MAIN BEARING THRUST	G-4319	282	EA	1H26724P1	DRESSER	01	COJINETE AXIAL ZAPATA	SC2253					K		2	1	1
96	M	476903	SHELL-COMPL MAIN BEARING	G-4319	277	EA	1W89198A	DRESSER	01	COJINETE PRINCIPAL	SC2253					K		5	1	5
97	M	476929	SHIM, MAIN BEARING	G-4319	280	EA	1W74633	DRESSER	01	LAINAS COJINETES	SC2253					K		10	2	10
98		476861	ROD-CONNECTING	F-19961-A	359	EA	1F16608	DRESSER	01	BIELA	SC2253					K		0	1	0
99	M	475970	BOLT - CONNECTING ROD	F-19961-A	326	EA	1R39771	DRESSER	01	TORNILLO BIELA	SC2253					K		2	2	2
100	M	476390	NUT-CONNECTING ROD BOLT	F-19961-A	348	EA	1W42173	DRESSER	01	TUERCA BIELA	SC2253					K		2	2	2

101		476960	SHOE, THRUST - CONNECTING ROD	F-19961-A	362	EA	1H26724	DRESSER	01	COJINETE AXIALE BIELA	SC2253					K		2	2	2
102	M	476887	SCREW, MACHINE, FLAT HEAD - THRUST SHOE	F-19961-A	347	EA	81A2B249	DRESSER	01	TORNILLO COJINETE AXIAL BIELA	SC2253					K		6	6	6
103	M	476986	SHIM - CONNECTING ROD	F-19961-A	360	EA	1W73712	DRESSER	01	LAINAS COJINETE	SC2253					K		2	4	2
104	M	475996	PIN & BOX, GROOVE - CRANKPIN BOX	F-19961-A	328	EA	1W89172A	DRESSER	01	BUJE	SC2253					K		2	2	2
105	M	476028	BUSHING - CONNECTING ROD CROSSHEAD PIN	F-19961-A	329	EA	1R39796P3	DRESSER	01	BUSHING - CONNECTING ROD CROSSHEAD PIN	SC2253					K		2	2	2
106	M	476978	SHOE - CROSSHEAD	F-19961-A	363	EA	1H30343	DRESSER	01	ZAPATA CRUCETA	SC2253					K		2	4	2
107	M	3673837	STUD - CROSSHEAD SHOE	F-19961-A	338	EA	18A2C528E	DRESSER	01	STUD - CROSSHEAD SHOE	SC2253					K		8	8	4
108	M	476911	SHIM - CROSSHEAD SHOE	F-19961-A	361	EA	1W88332	DRESSER	01	LAINAS CRUCETA	SC2253					K		4	4	4
109	M	476671	PIN - CROSSHEAD	F-19961-A	356	EA	1H26723	DRESSER	01	PIN	SC2253					K		2	1	2
110	M	476416	NUT - CROSSHEAD PIN CAP STUD	F-19961-A	353	EA	1W113828	DRESSER	01	TUERCA BIELA	SC2253					K		2	2	2
111		3673852	RING-CRANKSHAFT OIL	H-31810-A	396		1R40121	DRESSER	01	RING-CRANKSHAFT OIL	SC2253					K		1	1	0
112	M	476689	CAP	F-19961-A	331	EA	1W73741	DRESSER	01	TAPA	SC2253					k		1	1	1
113	M	476036	BOLT CROSSHEAD	F-19961-A	327	EA	1R56125	DRESSER	01	PERNO	SC2253					K		1	1	1
114	M	477182	SLEEVE XHEAD PIN	F-19961-A	365	EA	1R39776	DRESSER	01	CAMISA PIN	SC2253					K		2	2	2
115	M	476549	PLATE YOKE	G4197B	678A	EA	1R56154	DRESSER	01	PLATINA	SC2253					E		2	2	2
116	M	476200	YOKE CILINDER	G4197B	701	EA	1F19130AP2	DRESSER	01	YUNKE	SC2253					U		0	0	0
117		476945	ZAPATA YOKE	G4197B	689	EA	1H30346P2	DRESSER	01	ZAPATA YUNKE	SC2253					K		1	1	1
118	M	476937	SHIMS YOKE	G4197B	687	EA	1W89195	DRESSER	01	LAINAS	SC2253					K		2	4	2

119	M	477117	STUD DRIVE ROD	G4197B	692	EA	1R46288P2	DRESSER	01	ESPARRAGO VASTAGO	SC2253					E		1	1	1
120	M	476366	LOCK DRIVE ROD STUD NUT	G4197B	670A	EA	1R56161	DRESSER	01	SEGURO TUERCA	SC2253					K		4	2	4
121	M	476531	PLATE YOKE	G4197B	678	EA	1R46283P1	DRESSER	01	PLATINA YUNKE	SC2253					K		2	2	2

Código¹: Espacio para código ELLIPSE para referencia cruzada o fusión.

*** Clasificación según impacto operacional (CL)**

"K-CRÍTICO": Alto impacto en la operación y la productividad, su falla ocasiona alto lucro cesante y/o alto riesgo para las personas, las instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa. Limitada disponibilidad en el mercado debido a su alta complejidad técnica y grado de especialización.

"E-ESENCIAL": Alto impacto en la operación, pero pueden ser reemplazados sin afectar los niveles de productividad esperada. Representa moderados riesgos para las personas, las instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa. Buena disponibilidad en el mercado debido a su alto nivel de estandarización.

"P-ESPECIAL": Son materiales de diseño o utilización especial que forman parte de subprocesos que soportan la operación básica. Su impacto es muy particular en los niveles de productividad esperada o en la operación directa. La reposición se hará con base en los parámetros de nivel y cantidad

"S-SOPORTE": Bajo impacto en la operación y la productividad. Su falta ocasiona bajos riesgos para las personas, instalaciones, medio ambiente o imagen de la empresa. Son de alta disponibilidad en el mercado debido a su baja complejidad técnica.

"U-USUARIO": Reposición bajo responsabilidad del usuario. No se mantiene inventario en la bodega. Debe estar presupuestado en el PAC y su gestión de compra se realiza con base en solicitudes de materiales debidamente planeadas.

JUSTIFICACIÓN DE LA CATALOGACIÓN:

Se requiere mejorar la parametrización de los códigos de los repuestos del compresor SC2253 para asegurar la disponibilidad de repuestos ante la ocurrencia de los modos de fallos que se han identificado en este activo. Se realiza un análisis de componente por componente para identificar su impacto o criticidad, asociarlo con los modos de fallos encontrados, analizar el consumo y en general encontrar unos parámetros de reposición que balancee la disponibilidad del activo, los costos de mantenimiento y el costo de la bodega

APLICACIÓN O UTILIZACIÓN: (Indicar la Marca, Modelo y Serie del equipo donde se instalará- TAG):

SC2253 ----- Compresor hyper INGERSOLL-RAND 15.0" & 14.0" STROKE TYPE 3HHE-VM-2

CONDICIONES DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO:								
Almacenar en sitios libres de humedad y polvo.								
INSTRUCCIONES DE SUMINISTRO Y CHEQUEO DE MATERIAL:								
Norma(s) o certificados de calidad:								
Prueba(s) de aceptación:								
JUSTIFICACIÓN DE LA CANTIDAD REQUERIDA, OBSERVACIONES GENERALES PARA ALMACÉN E INVENTARIO:								
NO DILIGENCIAR	3 ACCIONES EJECUTADAS POR CATALOGACION Y ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS:							
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 45%; vertical-align: top;"> CATALOGADOR: Nombre y Apellido </td> <td style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">Reg.</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 45%; vertical-align: top;"> ADMINISTRADOR DE INVENTARIOS: Nombre y Apellido </td> <td style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">Reg.</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 20%; vertical-align: top;"> Fecha: aa / mm / dd </td> </tr> </table>		CATALOGADOR: Nombre y Apellido	Reg.		ADMINISTRADOR DE INVENTARIOS: Nombre y Apellido	Reg.		Fecha: aa / mm / dd
CATALOGADOR: Nombre y Apellido	Reg.		ADMINISTRADOR DE INVENTARIOS: Nombre y Apellido	Reg.		Fecha: aa / mm / dd		

Fuente: Los autores.

11.1.3 FACI compresor SC1301: El compresor SC1301 pertenece a la unidad 1300 Unifining de la planta de aromáticos del departamento de petroquímica del GRB ECOPETROL S.A., se encarga de elevar la presión del hidrógeno proveniente del proceso de fraccionado desde 260 psig hasta 430 psig. Es accionado por un motor eléctrico de corriente alterna, el cual esta acoplado a un incrementador que aumenta la velocidad de rotación desde 3600 RPM hasta 11306 RPM.

Figura 40. Compresor centrifugo SC1301



Fuente: Los autores

A continuación se muestra el formato a actualización de catálogos e inventarios FACI del compresor SC1301

FACI del compresor SC1301

INVENTARIO		FORMA PARA ACTUALIZAR CATALOGO E INVENTARIO EN ELLIPSE	F A C I No.	Para el ADIN o Catalogador
-------------------	--	---	--------------------	---

1 ORIGINADOR:

Distrito: GRB Dependencia: 10000308 Fecha: 2014 / 12 / 12

Nombre y Apellido:

Solicitante: Reg.

Nombre y Apellido:

Autorizador - Soporte Técnico Catálogo: Reg.

2 INFORMACIÓN DE CATÁLOGO E INVENTARIOS:

(TA) TIPO DE ACTUALIZACIÓN: ELIMINAR E FUSIONAR F MODIFICAR M ADICIONAR A REFERENCIA CRUZADA * * FC: Fabricar Con; St: Sustituto Menor; SM: Sustituto Mayor; UC: Utilizar Con; AE: Agotar Existencias; ER: Existo Reordenado.	(UM) UNIDAD DE MEDIDA: <table style="width:100%; font-size: small;"> <tr> <td>CT</td><td>MT</td><td>KT</td><td>LB</td><td>JT</td><td>QT</td><td>IN</td><td>ST</td> </tr> <tr> <td>EA</td><td>SF</td><td>BG</td><td>FT</td><td>RD</td><td>M3</td><td>CY</td><td>CO</td> </tr> <tr> <td>BX</td><td>CN</td><td>SH</td><td>DM</td><td>KG</td><td>PT</td><td>GR</td><td>SI</td> </tr> <tr> <td>OZ</td><td>BT</td><td>ML</td><td>CF</td><td>TM</td><td>YD</td><td>OZ</td><td>PR</td> </tr> </table>	CT	MT	KT	LB	JT	QT	IN	ST	EA	SF	BG	FT	RD	M3	CY	CO	BX	CN	SH	DM	KG	PT	GR	SI	OZ	BT	ML	CF	TM	YD	OZ	PR	PC Preferencia de Compra CRPI Cantidad Requerida Para Inicio CRMN Cantidad Requerida para un Mito Normal CRMG Cantidad Requerida para un Mito General VU Valor Unitario (\$) ROP Punto de reorden ROQ Cantidad a pedir MIN Inventario mínimo
CT	MT	KT	LB	JT	QT	IN	ST																											
EA	SF	BG	FT	RD	M3	CY	CO																											
BX	CN	SH	DM	KG	PT	GR	SI																											
OZ	BT	ML	CF	TM	YD	OZ	PR																											

CL Clasificación según impacto operacional *	CRITICO K	ESPECIAL E	ESPECIAL P	USUARIO U	NO REORDENAR N
---	--	---	---	--	---

#	TA	Código	Descripción	Drawing	Item	UM	N° parte	Nemonico	PC	Nombre popular	Equipo/Comp./EG	Código ¹	CRPI	CRMN	CRMG	CL	VU	ROP	ROQ	MIN
1	A		END COVER, DISCHARGE	WC-EC1754	4	EA	185251-1339-15	ELLIOT	01	TAPA LADO DESCARGA	SC1301		1			U		0	0	0
2	A		END COVER, INLET	WC-EC1754	5	EA	185251-1329-12	ELLIOT	01	TAPA LADO SUCCIÓN	SC1301		1			U		0	0	0
3	A		WASHER, TIE ROD	WC-EC1754	11	EA	185251-1261	ELLIOT	01	ARANDELA TIE-ROD	SC1301		3			E		1	2	1
4	A		NUT, ALLEN 3/4-10	WC-EC1754	12	EA	P14Y1B	ELLIOT	01	TUERCA	SC1301		3			E		1	2	1
5	A		COVER, TIE ROD OPENING	WC-EC1754	13	EA	185251-1202	ELLIOT	01	TAPA ABERTURA TIE ROD	SC1301		6			U		0	0	0
6	A		SCREW, CAP 5/8-11 X 2.00 LG.	WC-EC1754	15	EA	P23X225	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		24			E		6	6	3
7	A		NUT, HEX 1-3/4-8	WC-EC1754	16	EA	P12N15	ELLIOT	01	TUERCA	SC1301		60			E		20	10	10
8	A		STUD 1-3/4-8 X 7-1/2 LG.	WC-EC1754	17	EA	M50S35	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		60			E		20	10	10
9	A		WASHER 1-7/8	WC-EC1754	19	EA	185251-1271-1	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		60			E		60	30	60
10	A		NUT, HEX 5/8-11	WC-EC1754	22	EA	P11A16	ELLIOT	01	TUERCA HEXAGONAL	SC1301		24			E		12	12	6

F	M	004948527	FLANGE, BLIND 3/4 CL. 600	WC-EC1754	23	EA	P56J611	ELLIOT	01	BRIDA CIEGA	SC1301		1		U		0	0	0
⌘	A		BOLT, HEX 5/8-11X2-1/2 LG.	WC-EC1754	25	EA	P10A261	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		4		E		2	2	2
⌘	M		STUD 5/8-11X4" LG.	WC-EC1754	26	EA	P50C108	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		20		E		5	5	5
⌘	A		SCREW, CAP 1"-8 X 5-1/2 LG.	WC-EC1754	28	EA	P10A388	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		16		E		4	4	4
⌘	A		NUT, HEX 1"-8	WC-EC1754	29	EA	P11A19	ELLIOT	01	TUERCA	SC1301		16		E		4	4	4
⌘	A		SCREW, DRIVE-6 X 5/16 LG.	WC-EC1754	31	EA	P22C23	ELLIOT	01	TORNILLO CONDUCTOR	SC1301		10		E		5	5	3
⌘	M	004948535	ASSEMBLY, EQUALIZER ELBOW	WC-EC1754	33	EA	828235-6	ELLIOT	01	ENSAMBLE CODO ECUALIZADOR	SC1301		1		U		0	0	0
⌘	A		TIE ROD	WC-EC1754	34	EA	185251-1251	ELLIOT	01	TIE ROD	SC1301		3		E		2	1	1
⌘	M	000451234	BALANCE PISTON SEAL HOUSING	WC-EC1754	42	EA	828307-5	ELLIOT	01	PISTON DE BALANCE SELLO DE ALOJAMIENTO	SC1301		1		K		1	1	1
⌘	M	000451641	SPACER RING	WC-EC1754	43	EA	835751-1	ELLIOT	01	ANILLO ESPACIADOR	SC1301		1		K		1	1	1
⌘	A		SCREW, MACH. 8-32 X 3/4 LG.	WC-EC1754	44	EA	P20A11B	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		10		E		5	5	3
⌘	A		WASHER, PLAIN 3/16	WC-EC1754	45	EA	P25F15	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		2		E		1	1	1
⌘	A		SCREW, CAP 3/8-16 X 1-1/2 LG.	WC-EC1754	46	EA	P23T42	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		2		E		1	1	1
⌘	A		PLUG, PIPE	WC-EC1754	49	EA	P40S14	ELLIOT	01	TAPON DE TUBERIA	SC1301		1		U		0	0	0
⌘	A		SCREW, CAP 3/8-16 X 1-1/2 LG.	WC-EC1754	63	EA	P23T12B	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		12		E		3	3	3
⌘	M	004948550	STAGE DRAIN MACHINING	WC-EC1754	101	EA	EC1621-5	ELLIOT	01	DRENAJE MAQUINADO DE ETAPA	SC1301		1		U		0	0	0
⌘	M	004948568	ARR. BRG & SEAL T.E. DISCH	WC-EC1754	106	EA	EC1743-GR4	ELLIOT	01	TAPA RODAMIENTO Y SELLO LADO DESCARGA	SC1301		1		K		1	1	0
⌘	M	004948576	ARR. BRG & SEAL J.E. INLET	WC-EC1754	107	EA	EC1742-GR4	ELLIOT	01	TAPA RODAMIENTO Y SELLO LADO SUCCIÓN	SC1301		1		K		1	1	0
⌘	M	003976362	O-RING 32.75X33.00X.139DIA	WC-EC1754	108	EA	P7002780	ELLIOT	01	O-RING	SC1301		1		K		1	1	1
⌘	M	000451419	GASKET, FLEXITALLIC	WC-EC1754	109	EA	P480F752	ELLIOT	01	EMPAQUE	SC1301		2		K		1	1	1
⌘	M	004051181	GASKET, FLEXITALLIC	WC-EC1754	110	EA	P480F063	ELLIOT	01	EMPAQUE	SC1301		6		K		3	3	3
⌘	M	000109355	O-RING 1.74X2.00X.139 DIA.	WC-EC1754	114	EA	P7000224	ELLIOT	01	O-RING	SC1301		6		K		3	3	3
⌘	M	000138305	GASKET, FLANGE 3/4 CL. 600	WC-EC1754	124	EA	P53Y11	ELLIOT	01	EMPAQUE BRIDA	SC1301		1		K		1	1	0

8	M	000451401	GASKET, FLEXITALLIC	WC-EC1754	127	EA	P480F157	ELLIOT	01	EMPAQUE	SC1301		2		K		1	1	1
8	M	004051249	SEAL, BALANCE PISTON	WC-EC1754	137	EA	EC1549-10	ELLIOT	01	SELLO PISTON DE BALANCE	SC1301		1		K		1	1	1
9	M	004948584	O-RING 11/16X13/16X1/16DIA	WC-EC1754	158	EA	P700D017	ELLIOT	01	O-RING	SC1301		5		K		3	2	3
9	M	004948592	O-RING 15.00X15.50X.275DIA	WC-EC1754	164	EA	P700D459	ELLIOT	01	O-RING	SC1301		1		K		1	1	1
9	A		SHIM PACK	WC-EC1754	167	EA	B35894-GR1	ELLIOT	01	SHIMS	SC1301		1		E		1	1	1
9	M	004051264	GASKET, FLEXITALLIC	WC-EC1754	168	EA	P480F064	ELLIOT	01	EMPAQUE	SC1301		1		K		1	1	1
9	M	004948600	INNER CASING BUNDLE ASSY	WC-EC1754	169	EA	EC1735-30	ELLIOT	01	CARCASA INTERNA	SC1301		1		U		0	0	0
9	M	004948618	GLAND DRAIN	WC-EC1754	170	EA	EC1534-4	ELLIOT	01	GLANDULA DE DRENAJE	SC1301		5		E		3	2	3
9	M	000136804	SCREW, SET 1/4-20 X 3/8 LG.	WC-EC1754	171	EA	P23A52	ELLIOT	01	TORNILLERIA	SC1301		2		E		1	1	1
9	M	004948626	NUT, COUPLING	WC-EC1754	172	EA	P28F12	ELLIOT	01	TUERCA ACOUPLE	SC1301		2		E		1	1	1
9	M	004948634	KEY, COUPLING	WC-EC1754	173	EA	P37P112	ELLIOT	01	CHAVETA ACOUPLE	SC1301		1		E		1	1	1
9	M	004948527	FLANGE, BLIND 3/4 CL.600	WC-EC1754	174	EA	P56J611	ELLIOT	01	BRIDA CIEGA	SC1301		1		U		0	0	0
9	M	004948659	FLANGE, BLIND 1" CL.600	WC-EC1754	175	EA	P56J612	ELLIOT	01	BRIDA CIEGA	SC1301		2		U		0	0	0
9	A		BOLT, HEX 5/8-11X 1-3/4 LG.	WC-EC1754	176	EA	P10A258	ELLIOT	01	TORNILLO HEXAGONAL	SC1301		8		E		4	4	4
9	A		NUT, HEX 5/8-11	WC-EC1754	177	EA	P11A16	ELLIOT	01	TUERCA HEXAGONAL	SC1301		12		E		6	6	6
9	M	004948667	FLANGE, BLIND 2" CL.150	WC-EC1754	179	EA	P56J14	ELLIOT	01	BRIDA CIEGA	SC1301		1		U		0	0	0
9	M	000138354	GASKET, FLANGE 2" CL.150	WC-EC1754	180	EA	P59W15	ELLIOT	01	EMPAQUE BRIDA	SC1301		1		K		1	1	1
9	A		BOLT, HEX 5/8-11X 3" LG.	WC-EC1754	181	EA	P10A263	ELLIOT	01	TORNILLO HEXAGONAL	SC1301		8		E		4	4	2
9	M	004948675	FLANGE, BLIND 2" CL.300	WC-EC1754	182	EA	P56J114	ELLIOT	01	BRIDA CIEGA	SC1301		1		U		0	0	0
9	M	000138404	GASKET, FLANGE 2" CL.300	WC-EC1754	183	EA	P59X15	ELLIOT	01	EMPAQUE BRIDA	SC1301		1		K		1	1	1
9	A		BOLT, HEX 5/8-11X 2-3/4 LG.	WC-EC1754	184	EA	P10A262	ELLIOT	01	TORNILLO HEXAGONAL	SC1301		4		E		2	2	2
9	M	000138321	GASKET, FLANGE 1" CL.600	WC-EC1754	185	EA	P59Y12	ELLIOT	01	EMPAQUE BRIDA	SC1301		1		K		1	1	1
9	M	004948683	DOWEL, PULL	WC-EC1754	186	EA	P36L3432	ELLIOT	01	PIN	SC1301		2		K		1	1	1

16	M	004051017	ROTOR ASSEMBLY	WC-EC1735	1	EA	EC1704-30	ELLIOT	01	ENSAMBLE ROTOR	SC1301		1		U		0	0	0
17	M	004348816	INNER CASING MACHINING	WC-EC1735	2	EA	EC1515-10	ELLIOT	01	CARCASA SUCCIÓN	SC1301		1		U		0	0	0
18	M	004348824	INLET DIAFRAM MACHINING	WC-EC1735	3	EA	EC1517-1	ELLIOT	01	DIAFRAGMA DE SUCCIÓN	SC1301		1		K		1	1	1
19	M	004348832	DIAFRAM MACHINING, 1ST STAGE	WC-EC1735	4	EA	EC1428-5	ELLIOT	01	DIAFRAGMA	SC1301		1		K		1	1	1
20	M	004348840	DIAFRAM MACHINING, 2ND STAGE	WC-EC1735	5	EA	EC1435-5	ELLIOT	01	DIAFRAGMA	SC1301		1		K		1	1	1
21	M	004348857	DIAFRAM MACHINING, 3RD STAGE	WC-EC1735	6	EA	EC1504-5	ELLIOT	01	DIAFRAGMA	SC1301		1		K		1	1	1
22	M	004348865	DIAFRAM MACHINING, 4TH STAGE	WC-EC1735	7	EA	EC1506-5	ELLIOT	01	DIAFRAGMA	SC1301		1		K		1	1	1
23	M	004348873	DIAFRAM DISCH. WALL ASSY	WC-EC1735	8	EA	EC1790-10	ELLIOT	01	DIAFRAGMA DE DESCARGA	SC1301		1		K		1	1	1
24	M	004051355	SEAL, IMPELLER, 1ST STAGE	WC-EC1735	10	EA	968565-238	ELLIOT	01	SELLO RODETE PRIMERA ETAPA	SC1301		1		K		1	1	1
25	M	004051363	SEAL, IMPELLER, 2ND STAGE	WC-EC1735	11	EA	968565-75	ELLIOT	01	SELLO RODETE SEGUNDA ETAPA	SC1301		1		K		1	1	1
26	M	004051389	SEAL, IMPELLER, 3RD & 4TH STAGE	WC-EC1735	12	EA	968565-44	ELLIOT	01	SELLO RODETE TERCERA Y CUARTA ETAPA	SC1301		2		K		1	1	1
27	M	004051397	SEAL, IMPELLER, 5TH STAGE	WC-EC1735	13	EA	EC1548-5	ELLIOT	01	SELLO RODETE QUINTA ETAPA	SC1301		1		K		1	1	1
28	M	004051413	SEAL, SHAFT, 2ND THRU 5TH STG	WC-EC1735	14	EA	968199-24	ELLIOT	01	SELLO EJE SEGUNDA Y QUINTA ETAPA	SC1301		4		K		1	1	1
29	A		SCREW, CAP 3/8-24X 5/8 LG.	WC-EC1735	19	EA	P23U1533	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		12		E		6	6	3
30	A		WASHER 3/8	WC-EC1735	20	EA	840268-5	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		12		E		6	6	3
31	M	004348881	PIN, ROLL 3/16 DIA. X 1/2 LG.	WC-EC1735	21	EA	P36T256	ELLIOT	01	PIN	SC1301		5		E		3	2	1
32	M	004348899	PIN, ROLL 3/32 DIA. X 1/4 LG.	WC-EC1735	22	EA	P36T92	ELLIOT	01	PIN	SC1301		4		E		3	2	1
33	A		RING, ROTOR CENTERING I.E.	WC-EC1735	23	EA	FC0391-1	ELLIOT	01	ANILLO DE CENTRADO DEL ROTOR	SC1301		1		K		1	1	1
34	M	004348915	RING, ROTOR CENTERING D.E.	WC-EC1735	24	EA	EC1772-1	ELLIOT	01	ANILLO DE CENTRADO DEL ROTOR	SC1301		1		K		1	1	1
35	M	003808904	SCREW, CAP 3/8-16 X 1-1/4 LG.	WC-EC1735	25	EA	P23T3137	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		4		E		2	2	1
36	A		SCREW, CAP 1/4-20 X 1-1/2 LG.	WC-EC1735	26	EA	P2313078	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		2		E		1	1	1
37	M	004348600	INNER CASING BUNDLE ASSEMBLY	WC-EC1735	30	EA	EC1735-30	ELLIOT	01	ENSAMBLE HAZ DE LA CARCASA INTERIOR	SC1301		--		U		0	0	0

83	M	004948691	BRG HOUSING ASSY	WC-ECI743	9	EA	804382-9	ELLIOT	01	ENCAJONE ALCJAMIENTO DE RODAMIENTOS	SC1301		1		E		1	1	0
84	A		PLUG, HEX HD PIPE 1/2 NPT	WC-ECI743	10	EA	P40S13	ELLIOT	01	TAPON	SC1301		2		U		0	0	0
85	M	000451674	WIPER RING	WC-ECI743	12	EA	846096-22	ELLIOT	01	ANILLO RASCADOR	SC1301		1		K		1	1	1
86	A		SCREW, CAP 7/8-9 X 3-1/2 LG	WC-ECI743	14	EA	P23X296	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		2		E		1	1	1
87	A		SCREW, CAP 7/8-9 X 4-1/2 LG	WC-ECI743	15	EA	P23X300	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		10		E		5	5	3
88	A		PIN, DOWEL 3/8 DIA X 1-1/4 LG	WC-ECI743	17	EA	P36L169	ELLIOT	01	PIN	SC1301		2		K		1	1	1
89	A		SCREW, CAP 5/8-11 X 1-1/2 LG	WC-ECI743	20	EA	P23X223	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		8		E		4	4	2
90	M	004948709	WIPER RING	WC-ECI743	21	EA	846096-18	ELLIOT	01	ANILLO RASCADOR	SC1301		1		K		1	1	1
91	A		BOLT, MACH. 3/8-16	WC-ECI743	23	EA	P10A95	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		8		E		4	4	2
92	M	000451054	THR. BRG. RETAINER ASSY	WC-ECI743	26	EA	826401-4	ELLIOT	01	RETENEDOR	SC1301		1		K		1	1	0
93	M	000451302	THR. BRG. ARRANGEMENT	WC-ECI743	28	EA	826429-14	ELLIOT	01	ARREGLO RODAMIENTO	SC1301		2		K		1	1	1
94	A		SCREW, CAP 10-24 X 3/8 LG	WC-ECI743	42	EA	P23T41	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		2		E		1	1	1
95	M	004948717	ENDCOVER	WC-ECI743	46	EA	847050-1	ELLIOT	01	TAPA EXTREMO	SC1301		1		U		0	0	0
96	A		CONN. MALE 5/8 OD T X 1/2 NPT	WC-ECI743	49	EA	P47A21	ELLIOT	01	CONEXION MACHO	SC1301		2		U		0	0	0
97	A		OIL INJECT. TUBING	WC-ECI743	50	EA	1BS251-1171-163	ELLIOT	01	TUBO INYECCION DE ACEITE	SC1301		1		U		0	0	0
98	A		LOCKWASHER 10	WC-ECI743	52	EA	P25A25	ELLIOT	01	ARANDELA DE BLOQUEO	SC1301		2		E		1	1	1
99	A		WASHER PLATE 3/16	WC-ECI743	53	EA	P25F15	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		2		E		1	1	1
100	A		SCREW, CAP 10-24 X 5/8 LG	WC-ECI743	55	EA	P23T43	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		8		E		4	4	2
101	M	004948725	RETAINER, SEAL RING	WC-ECI743	57	EA	871202-3	ELLIOT	01	RETENEDOR SELLO DE ANILLO	SC1301		1		K		1	1	1
102	M	004051322	SEAL RING	WC-ECI743	58	EA	836827-6	ELLIOT	01	SELLO DE ANILLO	SC1301		1		K		1	1	1
103	M	004948741	OIL TROUGH	WC-ECI743	59	EA	848379-4	ELLIOT	01	CANAL DE ACEITE	SC1301		1		K		1	1	0
104	A		CLAMP	WC-ECI743	62	EA	1BT351-2511-90	ELLIOT	01	ABRAZADERA	SC1301		1		E		1	1	1
105	M	004948766	SCREW, RD HD 10-24 X 3/8 LG	WC-ECI743	63	EA	P20J134	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		1		E		1	1	1
106	M	000451716	SCREW, CAP 8-32 X 3/8 LG	WC-ECI743	64	EA	P23T11	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		1		E		1	1	1
107	M	000451872	WASHER 8 (0.164)	WC-ECI743	65	EA	P39W12	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		1		E		1	1	1
108	M	3893401	John Crane seal, CCW, discharge end	HSP- 1006387		EA	PR-J8008R1-2	J-CRANE	01	Sello seco completo, lado empuje	SC1301				U		0	0	0
109	M	4289336	SEAL ASSEMBLY, SHAFT, SPRING LOADED	HSP- 1006387	NO ITEM	EA	HSP-1006387 RM	J-CRANE	01	Sello seco remanufacturado,	SC1301				K		0	1	1
110	M	004050605	BEARING JOURNAL ASSY	WC-ECI743	105	EA	EC1917-18	ELLIOT	01	ENSAMBLE RODAMIENTO	SC1301		1		K		1	1	1
111	M	004948782	GASKET, ENDCOVER	WC-ECI743	127	EA	847051-1	ELLIOT	01	EMPAQUE CUBIERTA EXTREMO	SC1301		1		K		1	1	1
112	M	004948790	GASKET, BRG HOUSING	WC-ECI743	133	EA	847052-1	ELLIOT	01	ALCJAMIENTO DE RODAMIENTO	SC1301		1		K		1	1	1
113	A		BRG. RETAINER RE-MACHINING	WC-ECI743	200	EA	EC1646-1	ELLIOT	01	RETENEDOR	SC1301		1		K		1	1	1

114	M	004949137	BRG CHAMBER ASSY	WC-ECI742	1	EA	18H251-389-4	ELLIOT	01	CAMARA DE RODAMIENTOS	SC1301		1		U		0	0	0
115	A		SCREW, CAP 5/8-11 X 1-1/2 LG	WC-ECI742	4	EA	P23T228	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		1		E		1	1	1
116	M	004051322	SEAL RING	WC-ECI742	13	EA	836827-6	ELLIOT	01	SELLO DE ANILLO	SC1301		3		K		2	1	1
117	A		SCREW, CAP 7/8-9 X 3-1/2 LG	WC-ECI742	14	EA	P23X236	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		3		E		2	1	1
118	A		SCREW, CAP 10-24 X 5/8 LG	WC-ECI742	29	EA	P23T43	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		6		E		3	3	2
119	A		ELBOW	WC-ECI742	30	EA	P47G20	ELLIOT	01	CODO	SC1301		24		U		0	0	0
120	A		OIL SUPPLY TUBING	WC-ECI742	31	EA	18S251-1171-167	ELLIOT	01	TUBO DE SUMINISTRO DE ACEITE	SC1301		60		U		0	0	0
121	A		PIN, DOWEL 3/8 DIA X 1-1/4 LG	WC-ECI742	32	EA	P36L169	ELLIOT	01	PIN	SC1301		60		E		15	15	10
122	A		PLUG, PIPE HEX HD 1/2 NPT	WC-ECI742	33	EA	P40S13	ELLIOT	01	TAPON	SC1301		60		U		0	0	0
123	A		SCREW, CAP 10-24 X 3/8 LG	WC-ECI742	34	EA	P23T41	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		24		E		12	12	6
124	A		LOCKWASHER 10	WC-ECI742	35	EA	P25A25	ELLIOT	01	ARANDELA DE BLOQUEO	SC1301		1		K		1	1	1
125	A		WASHER PLATE 3/16	WC-ECI742	36	EA	P25F15	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		4		E		2	2	2
126	A		TROUGH ASSY	WC-ECI742	37	EA	18S251-134	ELLIOT	01	ENSAMBLE CANAL	SC1301		20		U		0	0	0
127	M	004948758	CLAMP	WC-ECI742	45	EA	18T351-2511-90	ELLIOT	01	ABRAZADERA	SC1301		16		E		4	4	2
128	M	004948766	SCREW, RD HD 10-24 X 3/8 LG	WC-ECI742	46	EA	P20J134	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		16		E		4	4	2
129	A		CONN, MALE 5/8 ODT X 1/2 NPT	WC-ECI742	48	EA	P47A21	ELLIOT	01	CONEXIÓN MACHO	SC1301		10		U		0	0	0
130	A		OIL INJECT. TUBING	WC-ECI742	49	EA	18S251-1171-168	ELLIOT	01	TUBO DE INYECCION DE ACEITE	SC1301		1		U		0	0	0
131	M	004948725	RETAINER, SEAL RING	WC-ECI742	51	EA	871202-3	ELLIOT	01	RETENEDOR SELLO DE ANILLO	SC1301		1		K		1	1	1
132	M	000451716	SCREW, CAP 8-32 X 3/8 LG	WC-ECI742	54	EA	P23T11	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		3		E		2	1	1
133	M	000451872	WASHER 8 (0.164)	WC-ECI742	55	EA	P39W12	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		1		E		1	1	1
134	M	3893393	John Crane seal, CW, inlet end	HSP-1006386	NO ITEM	EA	PR-J8008R1-1	J-CRANE	01	Sello seco completo, lado acople	SC1301				U		0	0	0
135	M	4289328	SEAL ASSEMBLY, SHAFT, SPRING LOADED	HSP-1006386	NO ITEM	EA	HSP-1006386 RM	J-CRANE	01	Sello seco remanufacturado, rotación CW, lado acople	SC1301				K		0	1	1
136	A		CONNECTOR, MALE 1/2 NPT	WC-ECI742	101	EA	P48E149	ELLIOT	01	CONECTOR MACHO	SC1301		10		U		0	0	0
137	A		PACKING GLAND 1/2 NPT	WC-ECI742	102	EA	PR584690-1	ELLIOT	01	PRENSAEMPAQUE	SC1301		2		U		0	0	0
138	A		TUBING 3/8 O.D. X 20 AWG	WC-ECI742	103	EA	T229A-032	ELLIOT	01	TUBO	SC1301		2		U		0	0	0
139	M	004949178	GASKET, BRG. CHAMBER	WC-ECI742	104	EA	18S251-1152	ELLIOT	01	EMPAQUE CAMARA	SC1301		1		K		1	1	1
140	M	004050605	BEARING JOURNAL ASSY	WC-ECI742	105	EA	EC1917-18	ELLIOT	01	ENSAMBLE RODAMIENTOS	SC1301		12		K		6	6	4
141	M	004949186	BRG. RETAINER RE - MACHINING	WC-ECI742	200	EA	EC1636-1	ELLIOT	01	RETENEDOR	SC1301		--		U		0	0	0

142	M	004348323	SHAFT	WC-EC1704	1	EA	EC1455-1	ELLIOT	01	EJE ROTOR	SC1301		1		U		0	0	0
143	M	004348331	IMPELLER MACH(1ST STG)	WC-EC1704	2	EA	EC1851-162	ELLIOT	01	IMPULSOR PRIMERA ETAPA	SC1301		1		U		0	0	0
144	M	004348349	IMPELLER MACH(2ND STG)	WC-EC1704	3	EA	953184-158	ELLIOT	01	IMPULSOR SEGUNDA ETAPA	SC1301		1		U		0	0	0
145	M	004348356	IMPELLER MACH(3RD STG)	WC-EC1704	4	EA	955283-158	ELLIOT	01	IMPULSOR TERCERA ETAPA	SC1301		1		U		0	0	0
146	M	004348364	IMPELLER MACH(4TH STG)	WC-EC1704	5	EA	800538-159	ELLIOT	01	IMPULSOR CUARTA ETAPA	SC1301		1		U		0	0	0
147	M	004348372	IMPELLER MACH(5TH STG)	WC-EC1704	6	EA	857326-158	ELLIOT	01	IMPULSOR QUINTA ETAPA	SC1301		1		U		0	0	0
148	M	004348380	SLEEVE, SHAFT COLLAR	WC-EC1704	8	EA	879620-15	ELLIOT	01	MANGUITO ARBOL DEL EJE	SC1301		5		E		3	2	3
149	M	004348398	BALANCE PISTON	WC-EC1704	9	EA	EC1420-1	ELLIOT	01	PISTON DE BALANCEO	SC1301		1		K		1	1	1
150	M	004343004	KEY, SHAFT COLLAR	WC-EC1704	10	EA	883272-2	ELLIOT	01	CHAVETA ARBOL DEL EJE	SC1301		5		K		3	2	3
151	M	004343012	SLEEVE, SHAFT	WC-EC1704	11	EA	EC1323-1	ELLIOT	01	MANGUITO DEL EJE	SC1301		4		K		2	2	1
152	M	004343020	SLEEVE, SHAFT COLLAR	WC-EC1704	12	EA	324588-5	ELLIOT	01	MANGUITO ARBOL DEL EJE	SC1301		1		E		1	1	1
153	M	004343038	KEY, IMPELLER 1ST THRU 5TH STG	WC-EC1704	13	EA	891986-9	ELLIOT	01	CHAVETA IMPULSOR A TRAVÉS DE ETAPAS	SC1301		5		K		3	2	3
154	M	004343046	KEY, SHAFT COLLAR	WC-EC1704	14	EA	324578-4	ELLIOT	01	CHAVETA ARBOL DEL EJE	SC1301		1		K		1	1	1
155	M	004343053	PIN(GAS FACE SEAL)	WC-EC1704	15	EA	324965-1	ELLIOT	01	PIN SELLO	SC1301		5		E		3	2	3
156	M	000451369	THRUST DISK	WC-EC1704	17	EA	834342-1	ELLIOT	01	DISCO DE EMPUJE	SC1301		1		K		1	1	1
157	M	000451567	NUT, THRUST DISK	WC-EC1704	18	EA	834343-3	ELLIOT	01	TUERCA DISCO DE EMPUJE	SC1301		1		K		1	1	1
158	M	000451542	LOCKWASHER, THRUST DISK	WC-EC1704	19	EA	846703-1	ELLIOT	01	ARANDELA DE PRESION DISCO DE EMPUJE	SC1301		1		K		1	1	1
159	M	004343061	KEY, THRUST DISK	WC-EC1704	20	EA	P37D258	ELLIOT	01	CHAVETA DISCO DE EMPUJE	SC1301		1		K		1	1	1
160	M	004051017	ROTOR ASSEMBLY	WC-EC1704	30	EA	EC1704-30	ELLIOT	01	ROTOR COMPLETO	SC1301		X		U		0	0	0

161	M	004051033	RIGID, DRIVING	1112172	1	EA	1112230	ELLIOT	01	PARTE RIGIDA	SC1301		1		U		0	0	0
162	M	004051041	HUB, DRIVEN	1112172	2	EA	1112231	ELLIOT	01	CUBO CONDUCTOR	SC1301		1		U		0	0	0
163	M	004051058	ADAPTER	1112172	3	EA	CC71371	ELLIOT	01	ADAPTADOR	SC1301		1		U		0	0	0
164	M	004051066	SLEEVE	1112172	4	EA	CC73963	ELLIOT	01	MANGUITO	SC1301		1		K		1	1	1
165	M	004051074	SPACER	1112172	5	EA	1112232	ELLIOT	01	ESPACIADOR	SC1301		1		E		1	1	0
166	M	004051082	DISC PACK ASSEMBLY	1112172	6	EA	CX99921	ELLIOT	01	EMSABLE DISCO	SC1301		1		E		1	1	1
167	M	004051108	7/16-20 NF X 1.75 CAPSCREW	1112172	7	EA	WA82274	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		12		E		6	6	3
168	M	003823853	7/16 NF LOCKNUT	1112172	8	EA	WA26054	ELLIOT	01	TUERCA DE BLOQUEO	SC1301		12		K		6	6	6
169	M	003823861	7/16 HARDENED WASHER	1112172	9	EA	WA80623	ELLIOT	01	ARANDELA ENDURECIDA	SC1301		12		K		6	6	6
170	M	003823887	1/4-28 NF X 1.00 CAPSCREW	1112172	10	EA	WA82270	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		22		E		10	10	5
171	M	004051116	1/4-28 NF LOCKNUT	1112172	11	EA	WA82240	ELLIOT	01	TUERCA DE BLOQUEO	SC1301		22		K		15	7	12
172	M	004051173	0.060 SHIM PACK (MP)	1112172	12	EA	FX10133	ELLIOT	01	SHIMS	SC1301		1		E		1	1	1
173	M	003878436	0.060 SHIM PACK (RZ)	1112172	13	EA	CX99680	ELLIOT	01	SHIMS	SC1301		1		E		1	1	1
174	A		1/4-28 NF X 1.25 CAPSCREW	1112172	14	EA	WA08333	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		6		E		3	3	2
175	A		3/8-24 NF X 1.25 SET SCREW	1112172	15	EA	WA82010	ELLIOT	01	TORNILLERIA	SC1301		6		E		3	3	2
176	M	4051025	Coupling Assy, KOP-FLEX #203 MPIRZ	1112172	NO ITEM	EA	203-MPIRZ	KOP-FLEX	01	Acople completo	SC1301		1		E		1	1	0
177	M	4050993	Coupling assy, #454 KD10, KOP_FLEX	2008600	NO ITEM	EA	454 KD10	KOP-FLEX	01	Acople completo	SC1301		1		E		1	1	0

Código¹: Espacio para código ELLIPSE para referencia cruzada o fusión.	
* Clasificación según impacto operacional (CL) "K-CRITICO": Alto impacto en la operación y la productividad, su falla ocasiona alto lucro cesante y/o alto riesgo para las personas, las instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa. Limitada disponibilidad en el mercado debido a su alta complejidad técnica y grado de especialización. "E-ESENCIAL": Alto impacto en la operación, pero pueden ser reemplazados sin afectar los niveles de productividad esperada. Representa moderados riesgos para las personas, las instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa. Buena disponibilidad en el mercado debido a su alto nivel de estandarización. "P-ESPECIAL": Son materiales de diseño o utilización especial que forman parte de subprocesos que soportan la operación básica. Su impacto es muy particular en los niveles de productividad esperada o en la operación directa. La reposición se hará con base en los parámetros de nivel y cantidad. "S-SOPORTE": Bajo impacto en la operación y la productividad. Su falta ocasiona bajos riesgos para las personas, instalaciones, medio ambiente o imagen de la empresa. Son de alta disponibilidad en el mercado debido a su baja complejidad técnica. "U-USUARIO": Reposición bajo responsabilidad del usuario. No se mantiene inventario en la bodega. Debe estar presupuestado en el PAC y su gestión de compra se realiza con base en solicitudes de materiales debidamente planeadas.	
JUSTIFICACIÓN DE LA CATALOGACIÓN: Es necesario mejorar la catalogación de respuestos del compresor SC1301 y los parámetros de reposición de los mismos para tener disponibilidad de partes ante una falla inesperada	
APLICACIÓN O UTILIZACIÓN: (Indicar la Marca, Modelo y Serie del equipo donde se instalará-TAG): SC1301	
CONDICIONES DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO: Almacenar en sitios libres de humedad y polvo.	
INSTRUCCIONES DE SUMINISTRO Y CHEQUEO DE MATERIAL: Norma(s) o certificados de calidad: Prueba(s) de aceptación:	
JUSTIFICACIÓN DE LA CANTIDAD REQUERIDA, OBSERVACIONES GENERALES PARA ALMACÉN E INVENTARIO: 	
NO OLVIDAR	3 ACCIONES EJECUTADAS POR CATALOGACION Y ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS: CATALOGADOR: Nombre y Apellido Reg. ADMINISTRADOR DE INVENTARIOS: Nombre y Apellido Reg. Fecha: aa / mm / dd

Fuente: Los autores

11.2 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO ESTANDARIZADOS

Con el fin de garantizar la correcta ejecución de las diversas actividades de mantenimiento en ECOPETROL S.A. se busca estandarizar procedimientos basados en manuales y en la experiencia del personal de mantenimiento y mecánica, a continuación se enuncian los pasos principales para los procedimientos de desarmado y armado de los compresores SC2201/02 y SC2203-SC2204 realizados con base en los manuales originales y la experiencia del mecánico experto del departamento de petroquímica John Jairo Fuentes Santamaría. Los procedimientos detallados en el formato estandarizado utilizado por ECOPETROL S.A. se presentan en el anexo A de este proyecto de grado.

Los equipos críticos a la cuales les fue desarrollados los procedimientos de armado y desarmado fueron seleccionados ya que en el estudio realizado a los RCA se encontró que la principal causa de falla prematura de estas máquinas son los malos procedimientos de mantenimiento, encontrándose que el personal que interviene estos equipos no posee las competencias suficientes y por ende requieren de una guía estandarizada que les permita llevar a cabo cualquier intervención a este tipo de equipos, a través de este proyecto de grado se contribuyó con la realización de los procedimientos de armado y desarmado de los compresores de etileno de la planta de polietileno I: SC2201/02 y SC2203-SC2204, estos procedimientos fueron revisados y corregidos por la coordinación de equipo rotativo de la GRB ECOPETROL S.A. y posteriormente subidos al sistema de administración de archivos técnicos denominado P8.

11.2.1 Procedimientos desarmado y armado compresor SC2201/02: En la figura 41 se puede observar el compresor multietapa de etileno SC2201/02, este compresor funciona mediante dos procesos de compresión independientes, uno denominado booster y otro llamado primary, el proceso de compresión booster se realiza con un cilindro que posee dos pistones en tándem, cada pistón recibe etileno a una presión de 6 psig y descargan a una línea en común a 77.1 psig,

posteriormente el gas pasa al proceso de compresión primary el cual mediante tres etapas de compresión incrementa la presión hasta 3000 psig.

Figura 41. Compresor multietapa SC2201/02



Fuente: Los autores.

Tabla 27. Procedimiento de desarmado compresor SC2201/02

Tareas	Quien realiza	RAM	Consecuencias
Verifique las condiciones de trabajo	Mecánica	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire tapas de inspección del cárter y pistones	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Tome el juego axial y la deflexión del cigüeñal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Tome el juego axial y radial de las bielas	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos

Mida el run-out de los vástagos de pistones	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire los tapones de los cilindros de cada etapa	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Tome la caída de los pistones	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Calibre las holguras entre el patín y el porta-patín	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire válvulas de succión y descarga sin puerto indicador	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire las válvulas con puerto indicador	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire el conjunto de pistones	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire los sellos de aceite y gas	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire los patines	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire las bielas	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire los tie-rods	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire las bancadas	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Desmonte la bomba de lubricación	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire los sellos de lubricación del cigüeñal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire las guardas del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Deslice el estator del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire la excitatriz del motor	Electricista	M	Golpes, machucones y reprocesos

Retire el pillowblock del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire el estator	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire el rotor del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Desmonte el cigüeñal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Ice el cigüeñal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos

Fuente: Los autores

Tabla 28. Procedimiento de armado compresor SC2201/02

Tarea	Quien realiza	RAM	Consecuencias
Asegure la limpieza del cárter, cilindros y extensiones	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale el cigüeñal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale las líneas de lubricación a casquetes de bancada	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale los tie-rods	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte las bielas	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte los patines	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte el bulón de biela	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale los sellos de gas y los sellos de aceite	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale los vástagos y los pistones	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Ajuste la tolerancia del extremo del pistón	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte el rotor del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte el estator del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos

Monte el pillowblock del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Ubique el estator en su posición final	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte la excitatriz	Electricista	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte la guardas del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte el sello de lubricación del cigüeñal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte la bomba de lubricación	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale las válvulas de succión y descarga	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale las tapas de inspección del cárter y pistones	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos

Fuente: Los autores

11.2.2 Procedimiento desarmado y armado compresores SC2203-SC2204:

Los procedimientos aquí mostrados muestran el proceso de desarmado y armado del cárter y el sistema de potencia del compresor, para el desmontaje y montaje de los cilindros existe un procedimiento no desarrollado en este proyecto de grado. La razón por la cual el tratamiento de los cilindros se toma por aparte es que estos cilindros son muy especiales y su reparación se hace por un equipo altamente especializado.

En la figura 42 se muestra una fotografía del compresor hyper de etileno SC2203 de la planta de polietileno I del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL SA., este compresor es muy especial ya que las presiones de trabajo son extremadamente grandes, recibe el gas etileno a 3000 psig y mediante dos etapas incrementa la presión hasta 18000 psig.

Figura 42. Compresor hyper SC2203



Fuente: Los autores

Tabla 29. Procedimiento de desarmado de los compresores hyper SC-2203/SC-2204

Tareas	Quien realiza	RAM	Consecuencias
Verifique las condiciones de trabajo	Mecánica	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire las guardas del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire la excitatriz del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Desplace el estator	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire el pillowblock	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire el estator	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Desmonte el rotor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire las tapas de	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos

inspección del cárter			reprocesos
Tome el juego axial del cigüeñal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Tome la deflexión del cigüeñal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Tome el juego axial y radial de bielas	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Mida las holguras entre el patín principal y la cuna	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Mida las holguras entre el patín auxiliar y el Yoke	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Mida la holgura radial del cigüeñal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Mida la holgura de la base del Yoke	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire el bulón	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Tome la holgura y verifique la alineación del patín auxiliar	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire las barras móviles	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire el patín auxiliar	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire la zapata del patín auxiliar	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire el yugo del patín principal	Electricista	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire el cuerpo del patín principal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire las bielas	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire los tie-rods	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retires las bancadas	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire el sello de lubricación del cigüeñal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Desmonte el Yoke	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Retire la chumaceras planas del Yoke	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos

Fuente: Los autores

Tabla 30. Procedimiento de armado de los compresores SC2203-SC2204

Tareas	Quien realiza	RAM	Consecuencias
Asegure la limpieza del cárter, cilindros y extensiones	Mecánica	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale de chumaceras planas	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte el Yoke	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Mida la holgura de la base del Yoke	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte los cojinetes de bancada	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale la líneas de lubricación a casquetes de bancada	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale los tie-rods	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte la bielas	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale el sello de lubricación del cigüeñal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale el cuerpo del patín principal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale el yugo del patín principal	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Ubique la zapata del patín auxiliar	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale el patín auxiliar	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale las barras móviles	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Centre el patín auxiliar	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Instale el bulón de biela	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Mida las holguras entre el patín auxiliar y el Yoke	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte el rotor del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte el estator del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos

Monte el pillowblock del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Ubique el estator en su posición final	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos
Monte la excitatriz	Electricista	M	Golpes, machucones y reprocesos
Montajes de las guardas del motor	Mecánico	M	Golpes, machucones y reprocesos

Fuente: Los autores

12 CONCLUSIONES

- Con el desarrollo de este proyecto de grado se pudo encontrar que las principales causas raíces de falla de los equipos críticos del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A. se pueden agrupar en tres tipos: malos procedimientos de mantenimiento, inadecuada catalogación de repuestos y deficiencias en las estrategias de mantenimiento. Con el fin de dar un aporte real al mejoramiento de la disponibilidad operacional de la plantas del departamento se realizó una contribución de solución a cada uno de estos problemas, realizando, revisando, actualizando y subiendo, formatos de actualización de catálogos e inventarios, estrategias y procedimientos estandarizados de mantenimiento al sistema integral de gestión de ECOPETROL S.A.
- El análisis metodológico para el desarrollo e implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad sugiere la clasificación de los equipos según su criticidad para llevar a cabo la administración adecuada de los recursos destinados para el mantenimiento y conservar el correcto funcionamiento de los activos, en ECOPETROL S.A. se siguen dos metodologías para tal fin, ASP (Administración de la seguridad de los procesos) y RPN (Risk Priority Number: Número de prioridad de riesgo).
- Del estudio realizado a los históricos de falla se puede concluir que las unidades de las plantas del departamento de petroquímica se ven principalmente afectadas por unos pocos equipos rotativos y esta tendencia se repite año tras año.
- Este proyecto de grado se enfocó en los equipos rotativos críticos del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A., pero una vez

analizada la disponibilidad de las unidades de producción se destacan los problemas operacionales y los problemas externos al departamento como los principales autores de la baja disponibilidad operacional.

- Una vez realizado el análisis de criticidad efectuado siguiendo las dos metodologías propuestas por ECOPETROL S.A. y la metodología formulada en este proyecto de grado (análisis de históricos de falla) se puede concluir que los equipo rotativos que más han impactado la disponibilidad operacional del departamento son: SC2201/02, SC2204, SC2253, SC1301, SR2251 y SR2201.
- Los equipos críticos piloto seleccionados para el enfoque de este proyecto de grado se definieron principalmente por los resultados arrojados por los diagramas de Pareto de cada unidad y los mismos resultaron ser críticos para ASP y RPN.
- La correcta catalogación y definición de los parámetros de reposición de los repuestos críticos y esenciales de los distintos equipos, permite la oportuna asequibilidad de los mismos frente a una falla inesperada, esto reduce los tiempos de parada por reparación y evita pérdidas de tiempo por indisponibilidad de repuestos, además disminuye la inadecuada reutilización de repuestos spare.
- Para la definición de una estrategia de mantenimiento apropiada es imprescindible identificar y clasificar todos los modos de falla de cada equipo y realizar el proceso RCM para llevar a soluciones y actividades que prevengan eficientemente estas fallas y prepararen para aquellas que no pueden ser prevenidas.
- El desarrollo y mejoramiento continuo de procedimientos estandarizados para la ejecución de las tareas de mantenimiento, permite aumentar la confiabilidad

de los equipos y reduce los tiempos de reparación ya que se evitan reprocesos e intervenciones inadecuadas.

- El desarrollo de estrategias de mantenimiento, formatos de actualización de catálogos e inventarios (FACI) y procedimientos estandarizados de mantenimiento se deben llevar a cabo para todos y cada uno de los equipos que intervienen en las líneas de proceso de las plantas del departamento de petroquímica de la GRB ECOPETROL S.A., según recomienda la filosofía de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).
- Según lo estimado el indicador de disponibilidad del departamento mejoraría en un 19.94% respecto al periodo 2013-2014 y en un 8.19% respecto al promedio calculado para los últimos 8 años, si se redujese a cero la tasa de falla del equipo rotativo.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petrochemical Industries. API RP-754. Washington, E.U: API, 2010. 54 p.

BORRÁS PINILLA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento material docente. Bucaramanga: Publicaciones Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2011.

CARRILLO ZAMBRANO, Rodrigo et al. Procedimiento para identificar componentes, equipos y sistemas críticos de seguridad de procesos.1ed. Barrancabermeja: ECOPETROL S.A., 2011. 34 p.

GONZÁLEZ, Carlos Ramón. Ingeniería de Mantenimiento. Bucaramanga: Publicaciones Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2001.

------. Conferencia Ingeniería de Mantenimiento. Bucaramanga; Universidad Industrial de Santander, 2001.

GONZALEZ FERNANDEZ, Javier Francisco. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. 2ed. Madrid: Fundación Confemetal, 2005. p 90-130.

MITCHEL MORENO, Jonathan y RIOS BARRERA, Ángel. Desarrollo de una herramienta computacional para el análisis individual de sistemas mecánicos siguiendo el enfoque de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Trabajo de grado en la modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecanicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2014. p 37-71.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Bogotá: alfa omega S.A., 2009. p 67-137

MOUBRAY, John Mitchell. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II, 2ed. Madrid: Aladon Ltd. 2004.

MOYA ROJAS, Francisco José. “propuesta de acciones de mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos rotativos”, Trabajo de Grado presentado ante la universidad del oriente Anzoátegui, para optar al Grado de ingeniero mecánico, 2010.

OJEDA ORTA, Alonso Irahan. “propuesta de estrategias para el mejoramiento del comportamiento de equipos rotativos críticos basado en el mantenimiento en acción, caso: equipos rotativos de la ruta 11-a, unidad de urea, fertinitro, José-edo. Anzoátegui.”, Trabajo de grado ante la universidad de Oriente Anzoátegui, para optar al título de ingeniero mecánico, 2009.

PÉREZ J. Carlos Mario. Confiabilidad y evolución del mantenimiento articulo sin fecha.

RINCON CAPERA, Daniel y RIVERA MURILLO, Martin. Implementación del mantenimiento autónomo para la cervecería Bavaria en el área de servicios industriales. Trabajo de grado en la modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecanicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2013. p 44-51.

SILVA PLATA, Luisa Jimena. Libro de las mejores prácticas de la GRB, subsección gestión de activos industriales. 1ed. Barrancabermeja: ECOPETROL S.A., 2013.

ANEXOS

Anexo A. Procedimientos estandarizados de mantenimiento

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	2
2. GLOSARIO.....	2
3. CONDICIONES GENERALES	2
4. DESARROLLO	6
5. CONTINGENCIAS.....	29

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

1. OBJETIVO

Describir una secuencia correcta y segura para la revisión y/o reparación del compresor SC 2201/02 de la planta Polietileno I de la GRB.

2. GLOSARIO

Lainas: Láminas de acero milimétricas calibradas y recortadas, para ajustes de alineación vertical.

Cárter del cigüeñal: Parte del cárter, que es estructural con el bloque, y que está en contacto directo con el mismo, y más concretamente con el conjunto cilindros - cigüeñal. A esta pieza se une el bloque de los cilindros, y lleva integrados los cojinetes de bancada o apoyos del cigüeñal, que son de acero integrados en el aluminio, sobre los que gira el cigüeñal, que queda sujeto más rígidamente.

Reloj comparador: Es un instrumento de medición de dimensiones que se utiliza para comprar cotas mediante medición indirecta del desplazamiento de una punta de contacto.

Run-out: (traducción al español) Recorrido circular externo.

3. CONDICIONES GENERALES

- | | |
|---|--|
| Frecuencia de
revisión y de ciclo
de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Cada 3 años o antes si lo requiere • 36 meses |
|---|--|

- | | |
|-----------------------|---|
| Valoración RAM | <ul style="list-style-type: none"> • M (Personas). |
|-----------------------|---|

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

Peligros y Precauciones de Seguridad

- Presencia de sustancias químicas o Compuestos Volátiles Orgánicos (VOC's), utilizar protección Respiratoria, Mascara media cara con protección respiratoria.
- Golpes, Machucones y/o atrapamientos por mal uso de herramientas o mal estado de las mismas, verifique el estado de las herramientas antes de usarlas.
- Caída de objetos por mal aseguramiento. Asegure de Amarrar las Herramientas de mano evitando caídas de las mismas ocasionando daños o lecciones personales a otras personas.
- Fatiga corporal. Aplicar los principios de higiene Corporal y Ergonomía para la realización de las tareas. Aplicación de Pausas Activas.
- Perdida de disponibilidad del equipo. Asegure la aplicación de la lista de chequeo, evitando reprocesos y pérdidas de tiempo.

Precauciones Ambientales:

- Evite derrame de productos químicos al medio ambiente (lubricantes, agentes limpiadores, etc.)
- Disponga adecuadamente de los residuos o desechos Producto de la labor de mantenimiento en los sitios estipulados para tal fin.
- Los sellos de aceite, deben ser drenados de forma adecuada en el área de descontaminación, utilice recipientes para la recolección de material líquido y haga disposición de los mismos según procedimientos del área operativa o taller.

Referencias:

- COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 3HHE 3-2 SC-2201/02. Manual del compresor (archivo técnico de mecánica de la GRB).
- API 618 (reciprocating compressors for petroleum, chemical and gas industry service).
- PMA-PMA-I-375 INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO SEGURO DE LLAVES DE TORQUE

Equipo Personal de Protección:

- Protección Respiratoria: Mascara media cara con protección respiratoria para vapores orgánicos, gases ácidos y material particulado.
- Protección auditiva: orejera y/o tapón de inserción
- Protección de la cabeza: Casco Tipo B
- Protección ojos y cara: Gafas de seguridad
- Protección de manos: Guantes de Nitrilo y/o vaqueta
- Protección del cuerpo: Braga o pantalón y camisa en dril, detector de H2S (pulsar).

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

Recursos Materiales	• Eslingas y/o estrobos certificadas y en buen estado de acuerdo al plan izaje. • Diferencial de carga de 1 Ton. • Grilletes de acuerdo a plan de izaje ½" y ¾". • Cáncamos/ (tornillos de ojo) de ½" 5/8" • Volvedor cuadrante de 1" • Pistola neumática cuadrante de ½" y manguera para aire certificada. • Caja de herramientas estándar de mecánico. • Comparador de caratulas para tomas de juego axial y run out. • Deflexometro • Copas de 1 7/16", 1 ½", 1 5/8", 2", 2 1/8" • Llave de golpe de 3-3/8" • Maseta de bronce de 15 lbs. • Protector de roscas • Banco de trabajo • Base magnética • (2) Dos Palpadores análogos rango 10mm • Puente grúa capacidad 10 toneladas. • Llave electrohidráulica (Enerpac)
Recursos Humanos	• (4) Cuatro Mantenedores de superficie Mecánicos con competencias comprobadas. • (2) Dos Instrumentistas con competencias comprobadas. • (4) Cuatro metalmecánicos con competencias comprobadas. • (2) Dos eléctricos con competencias comprobadas. • (2) Dos personas de labor
Rango de Aplicación	• Paro/arranque programados en planta • Equipos aplica este instructivo • Compresores reciprocantes SC 2201/02
Diagramas y Planos	• COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 3HHE 3-2 SC-2201/02. Manual del compresor anexos planos, (archivo técnico de mecánica de la GRB).

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

Equipos o Sistemas Conectados

- Barraje de alimentación
- Casilla eléctrica
- Motor eléctrico

Descripción Básica del Sistema

- La finalidad del área de compresión de la planta polietileno I, es comprimir el Etileno de carga proveniente de la planta de Etileno (200 psig); hasta la presión requerida para que se efectúe la reacción de polimerización (3000 psig); ésta operación se realiza en tres pasos: baja, media y alta presión.

Requisitos o Precondiciones

- El operador y el mantenedor realizaron el permiso de trabajo de acuerdo formato de análisis de riesgos DHS-F-150.
 - El operador aplicó el SAS.
 - El electricista aplicó el SAES.
 - El operador encargado del equipo verificó ausencia de vapores orgánicos en el área de trabajo donde va a realizar la actividad de reparación del equipo.
 - Los metalmecánicos cegaron las líneas del equipo.
 - El mecánico definió el alcance del trabajo.
 - El operador diligenció el protocolo de entrega de custodia a mantenimiento.
 - El mantenedor de limpieza limpió y descontaminó el equipo
 - El mecánico limpió y descontaminó el área de trabajo.
-

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

4. DESARROLLO

TAREAS		PELIGROS			Consecuencias
CHECKLIST		QUIEN	TIPO	RAM	
SI = √	PLAN 1 Verifique las condiciones del área de trabajo.	MEC	P	M	Reprocesos, posturas inadecuadas y/o caídas
	1.1 Verifique que todos los documentos que se requieren para desarrollar la actividad estén diligenciados apropiadamente, tengan las firmas correspondientes y se halla divulgado el panorama de riesgos antes de iniciar el trabajo.				
	1.2 Verifique el área y número de canecas para la recolección del aceite.				
	1.3 Verifique SAS y SAES de proceso y que el equipo haya sido drenado y despresurizado				
	1.4 Verifique el uso del candado verde en la casilla				
	1.5 Drene completamente el aceite del Carter.				
	1.6 Verifique que la bomba de lubricación se encuentre aislada y tarjetada.				
	1.7 Verifique que las válvulas de venteo estén abiertas para garantizar que el sistema este despresurizado.				
	1.8 Verifique que el área de trabajo esté limpia y en óptimas condiciones para trabajar.				
	1.9 Asegure la instalación de un banco de trabajo (Mesa)				
SI = √	PLAN 2 Retire tapas de inspección del cárter y pistones.	MEC	P	M	Golpes, machucones posturas inadecuadas y/o caídas
	2.1 Marque cada tapa teniendo en cuenta su posición original.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	2.2	Suelte los tornillos de las tapas del cárter utilizando copa de ¾", rache o vovedor con cuadrante de ½" y llave mixta de ¾".				
	2.3	Recolecte la tornillería en bolsas y márkela según su posición.				
	2.4	Ubique las tapas en un lugar seguro (Estibas).				
	2.5	Verifique los empaques de durable y ubíquelos en un lugar seguro.				
SI = √	PLAN 3	Tome el juego axial y deflexión del cigüeñal.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	Nota: Antes de tomar el juego axial verifique que Pillowblock se encuentra suelto					
	3.1	Gire el volante con una palanca, posicionando unas de las contrapesas del cigüeñal en posición vertical hacia arriba para instalar el palpador.				
	3.2	Instale la base magnética del comparador en la tapa de bancada más cercana a la contrapesa. Ver figura 1.				

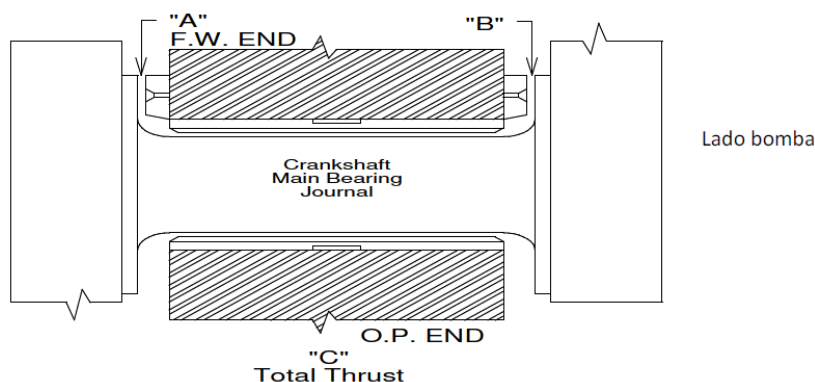


Figura 1. Toma del juego axial del cigüeñal.

	3.3	Ubique el palpador del indicador de tal forma que toque la superficie de la contrapesa y registro en cero.
	3.4	Ubique un destornillador o una barra entre una bancada y una contrapesa haciendo fuerza del lado volante hacia el lado bomba de lubricación y viceversa.
	3.5	Registrar la medida arrojada por el dial en el formato de calibraciones.
		NOTA: El juego axial máximo recomendado por el fabricante es de 0.015"
	3.6	Instale el deflexometro en la contrapesa más cercana al volante. Ver figura 2

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

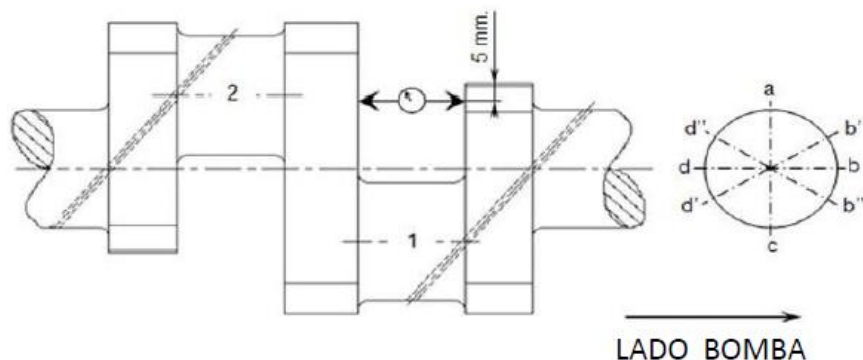


Figura 2. Toma de deflexión en el cigüeñal

	3.7 Gire con precaución el volante mirando el dial y utilizando un espejo. Tenga en cuenta que se puede golpear el deflexometro contra la biela.					
	3.8 Registre el resultado de la medida obtenida por el dial, en el formato de calibraciones.					
	NOTA: La deflexión máxima del cigüeñal recomendado por el fabricante es de 0.001"					
SI = √	PLAN 4 Tome juego axial y radial de bielas.	MEC	P	M	Golpes y machucones	
	4.1 Realice el juego axial utilizar una base magnética y un palpador					
	4.2 Instale la base magnética en la cara lateral de la contrapesa y acerque el palpador del indicador en una cara de la biela.					
	4.3 Aplique Manualmente o con palanca una fuerza horizontal para desplazar axialmente la biela.					
	4.4 Tome nota de la lectura arrojada y apúntelas en el formato de calibraciones.					
	4.5 Repita los pasos 4.1 al 4.4 para las demás bielas.					
	NOTA: El máximo juego axial para las bielas recomendado por el fabricante 0.000" (Revisar catalogo)					
	4.6 Tome el juego radial utilizar una base magnética y un palpador.					
	4.7 Instale la base magnética en la parte superior de la contrapesa y acerque el palpador del indicador a la parte superior de la biela. Con la biela en posición punto muerto superior.					
	4.8 Instale un tornillo de ojo en la tapa de la biela y con una eslinga y el puente grúa levante con precaución hasta sentir contacto entre la biela y el cigüeñal.					

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	4.9 Tome nota de la lectura arrojada y anótelas en el formato de calibraciones.				
	4.10 Repita los pasos 4.6 al 4.9 para las demás bielas.				
	NOTA: El máximo juego radial para las bielas recomendado por el fabricante debe estar entre 0.003" y 0.006"				
SI = √	PLAN 5 Mida el run out de vástagos de pistones.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	5.1 Realice el run out utilizando una base magnética y dos palpadores				
	5.2 Gire la máquina de tal forma que el pistón quede posicionado en el punto muerto superior. Ver figura 3				
	5.3 Instale la base magnética con los comparadores en la base de la pieza distanciada entre los anillos de aceite y la caja de sellos.				



Figura 3. Zona de medición de run out del vástago del pistón.

	5.4 Ubique un palpador en la dirección horizontal y el otro en vertical a la Barra del pistón. Ver figura 4 y 5
--	---

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

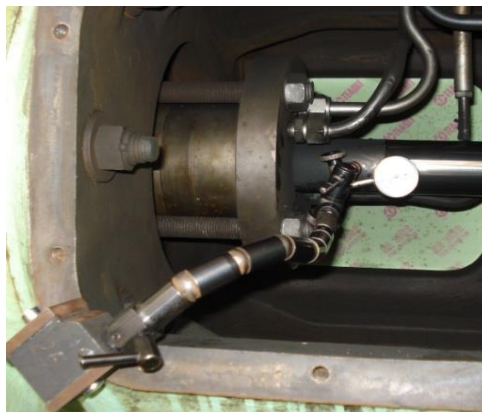


Figura 4. Toma de lectura vertical del run out del vástago del pistón.

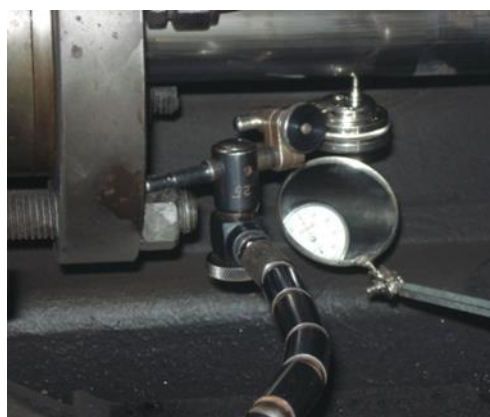


Figura 5. Toma de lectura horizontal del run out del vástago del pistón.

	5.5 Gire el volante de la maquina 360° observando las lecturas de los comparadores.					
	5.6 Registre las lecturas en el formato de calibración Y repita los pasos 5.1 al 5.6 para las otras Barras de los pistones. (de cada una de las etapas).					
	NOTA: El máximo valor de run out permitido es de 0.003". (Revisar en el catálogo)					
SI = √	PLAN 6	Retire tapones de los cilindros de cada etapa.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	6.1 Para retirar los tapones se requiere de 1 volvedor cuadrante de ¾" y copas de 1" 7/16", 1 ½", 1 5/8", tornillos de ojo de 5/8", eslinga y puente grúa.					

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	6.2	Suelte las tuercas de los espárragos de los tapones que sujetan al cuerpo del cilindro de primera etapa del SC 2201 con el volvedor y la copa.				
	6.3	Instale el tornillo de ojo, con la eslinga y el puente grúa				
	6.4	Ize, retire los tapones y coloque en un lugar seguro.				
	6.5	Realice los pasos 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4, para retirar los tapones de los cilindros de las demás etapas.				
SI = √	PLAN 7	Tome la caída de los pistones.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	7.1	Tome la caída en los pistones utilice un calibrador de laines, un micrómetro de 0-25mm. Ver figura 5.				
	7.2	Gire la máquina y posicione el pistón aproximadamente en la mitad de su carrera en la camisa del cilindro.				
	7.3	Tome las holguras entre el pistón y la camisa como lo especifica el formato de calibraciones.				



Figura 5. Calibración de la caída del pistón.

	7.4 Registre las holguras tomadas en el formato de calibraciones					
	7.5 Repita estos pasos para las demás etapas del compresor.					
	NOTA: La holgura máxima permitida para cada pistón y la camisa se recomienda revisarla en el manual del fabricante					
SI = √	PLAN 8	Calibre las holguras entre patín y porta patín.	MEC	P	M	Golpes y machucones

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	NOTA: Para realizar este plan se requiere de un calibrador de laines o luces.
8.1	Gire la maquina máquina de tal forma que el patín este ubicado en la mitad de su recorrido. Ver figura 6.



Figura 6. Patín del compresor.

8.2	Tome las holguras según el formato de calibración. Ver figura 7.
-----	--

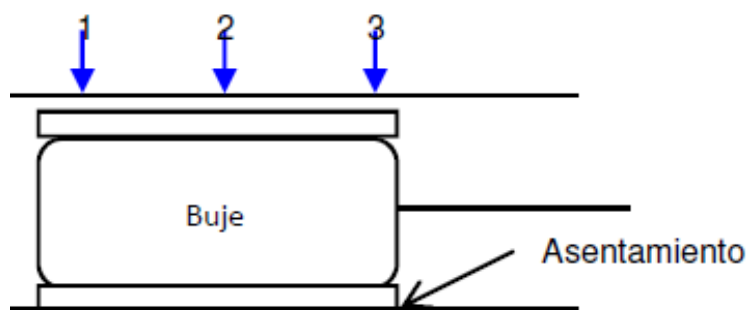


Figura 7. Puntos de medición en el patín.

8.3	Registre los valores en el formato de calibración.				
8.4	Repita los pasos 8.1, 8.2 y 8.3 para los demás patines.				
	NOTA: La holgura recomendada por el fabricante es de 0.010"- 0.015"				
SI = √	PLAN 9 Retire válvulas se succión y descarga sin puerto indicador	MEC	P	M	Golpes y machucones
	NOTA: Para realizar esta tarea se requiere de las siguientes herramientas: copas 1				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	5/8", 1 5/16" cuadrante de 3/4", rache
	9.1 Suelte el tornillo gato y suelte las tuercas de las tapas de válvula.
	9.2 Retire las tapas de las válvulas de succión. Ver figura 8.



Figura 8. Tapa de válvulas de succión y descarga

	9.3 Retire la materia, válvula y márkelas según su posición punto muerto superior (HE) / punto muerto inferior (CE).				
	9.4 Retire las tapas de válvula de descarga. Ver figura 8.				
	9.5 Retire la materia y la válvula, márkelas según la posición encontrada. HE / CE				
	9.6 Verifique el estado de las válvulas desmontadas para el análisis de falla.				
SI = √	PLAN 10 Retiro de válvulas con puerto indicador	MEC	P	M	Golpes y machucones
	NOTA: Para realizar esta tarea se requiere de las siguientes herramientas: copas 1 5/8", 1 5/16" cuadrante de 3/4", rache				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	10.1 Desconectar el sensor de presión, por parte de instrumentos
	10.2 Suelte las seis tuercas que aprietan el puerto indicador
	10.3 Suelte la tapa de la válvula normalmente
	10.4 Suelte los prisioneros que sujetan la materia (Llave de 5/32 hexagonal)
	10.5 Retire la materia y la válvula. Mire la figura 9
	10.6 Marque las válvulas

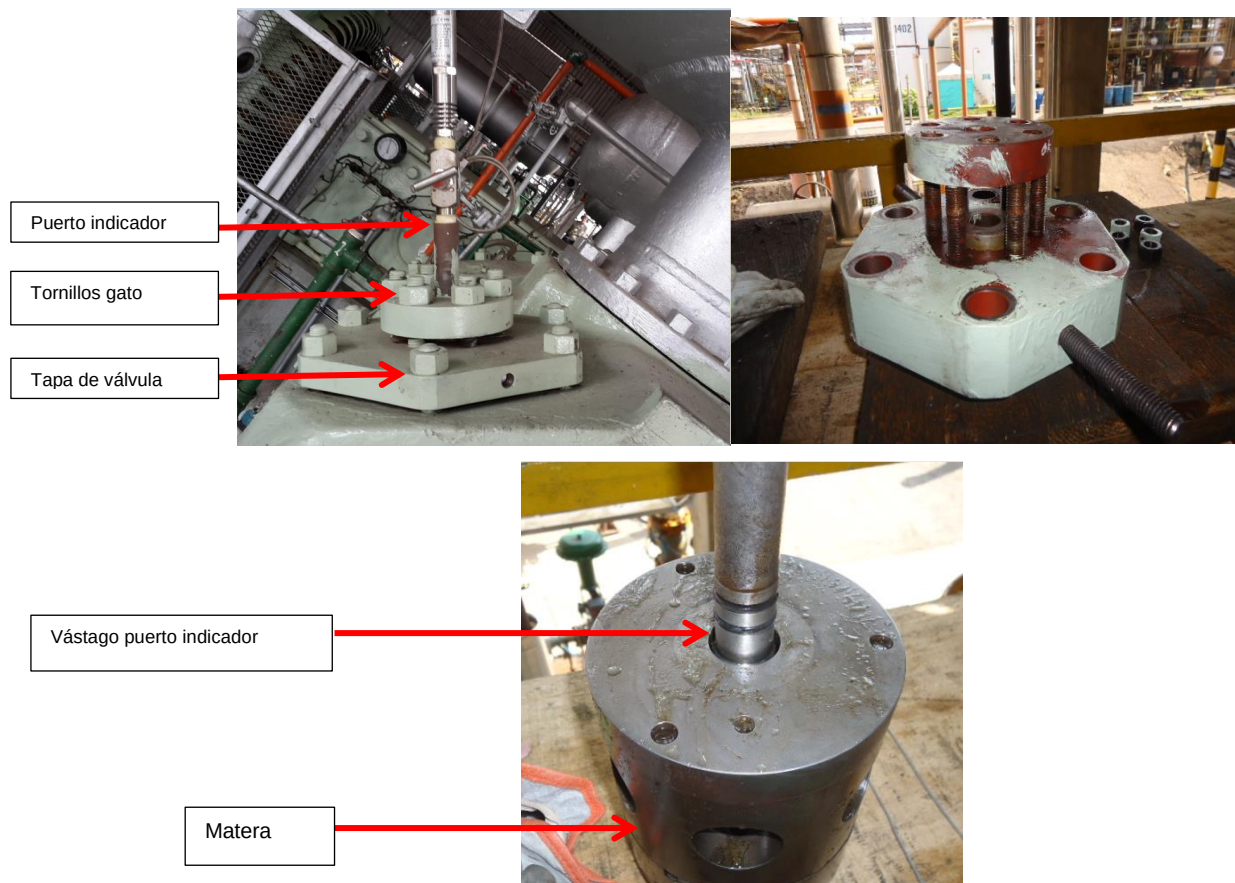


Figura 9. Válvulas con puerto indicador

	10.7 Verifique el estado de las válvulas desmontadas para el análisis de falla.				
SI = √	PLAN 11 Retire el conjunto de pistones.	MEC	E	M	Golpes y machucones

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	11.1 Utilice el equipo de Enerpac (llave electrohidráulica), con una copa de 3 3/8" protector de roscas, eslinga y puente grúa; para desenroscar los vástagos de los patines.
	11.2 Gire la máquina de tal forma que el patín este ubicado en la mitad de su recorrido.
	11.3 Retire el pasador de la tuerca que sujeta la barra del pistón al patín con la llave de 3/4".
	11.4 Ubique la llave electrohidráulica en la tuerca que sujeta la barra con el patín de tal forma que quede en una posición ergonómica.
	11.5 Instale la llave electrohidráulica, para desenroscar el conjunto pistón- vástago del patín en el alojamiento del pistón y proceda a desenroscar.
	11.6 Desenrosque completamente el vástago y el pistón del patín hale el conjunto hacia atrás e instale el protector de rosca en el pistón.
	11.7 Retire el pistón de la camisa hasta una posición de tal forma que se pueda instalar la eslinga e izar con el puente grúa.
	11.8 Ice pistón, vástago y ubicar en un sitio seguro.

PRECAUCIÓN: El retiro de vástagos y pistones, se debe realizar con un izaje controlado, evitar golpes en las áreas de trabajo de las partes.	
---	--

	11.9 Repita los pasos del 10.1 a 10.8 para el retiro los pistones. de las otras 3 etapas.				
	11.10 Retire sellos de aceite y de gas.				
	11.11 Retire las tuberías de lubricación y refrigeración de las cajas de sellos y márquelas. Ver figura 9.				
SI = √	PLAN 12 Retiro de sellos de aceite y gas	MEC	P	M	Golpes y machucones

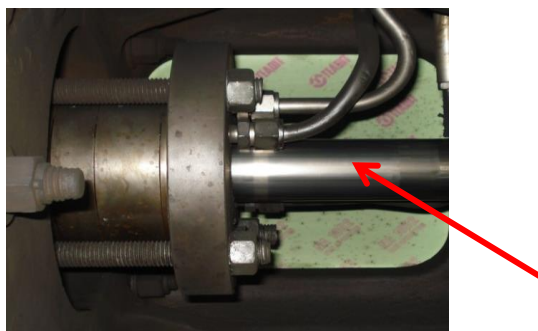


Figura 10. Retiro de líneas de lubricación (Tubbing).

	12.1 Suelte los tornillos que sujetan los sellos de aceite a la pieza distanciadora, retire
--	---

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	anillos y marque según etapa. Ver figura 10.
	12.2 Suelte los tornillos que sujetan los sellos de gas al cilindro, retire el sello y marque según etapa. Ver figura 10.



Figura 11. Alojamiento de los sellos de aceite y gas.

	12.3 Realice el mismo procedimiento para las otras 3 etapas del compresor.				
SI = √	PLAN 13 Retire los patines	MEC	P	M	Golpes y machucones
	13.1 Utilice las siguientes herramientas: copas y llaves de 1", 1 1/16", extensión de 5", volvedor y eslinga.				
	13.2 Gire la máquina de tal forma que el patín esté ubicado en la mitad de su recorrido.				
	13.3 Suelte el tornillo pasante que sujeta el pin (bulón) entre el patín y la biela y retírelos.				
	13.4 Retire el pin (bulón) del alojamiento de la biela y el patín.				
	13.5 Soporte el patín con una palanca apoyándola en la pieza distanciadora, gire la máquina hasta que la biela saque del alojamiento del patín.				
	13.6 Gire el patín en la cuna con mucha precaución para evitar machucones.				
	13.7 Deslice el patín sobre el porta patín hasta que descansa en la base de la pieza distanciadora.				
	13.8 Instale la eslinga en el alojamiento del pin e ize con el puente grúa.				
	13.9 Ubique el patín en un lugar seguro.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	13.10 Retire los pasos 12.1 a 12.9 para el retiro de los demás patines.				
SI = √	PLAN 14 Retire las bielas.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	14.1 Utilice las siguientes Herramientas, para el retiro de las bielas: Copa 1 5/8", con cuadrante de 3/4", volvedor, tornillo de ojo de 1/2", grillete de 1/2" y eslinga.				
	14.2 Gire la maquina hasta que la biela quede posicionada, para soltar las tuercas que sujetan la tapa de la biela y la tapa				
	NOTA: Antes de desmontar marque la posición en que se encuentra la biela para evitar la instalación en otra posición				
	14.3 Instale el Cáncamo (tornillo de ojo, el grillete, la eslinga en la biela y soporte con el puente grúa).				
	14.4 Retire los tornillos y la tapa.				
PRECAUCIÓN: El retiro de tornillos y las tapas, se debe realizar con un izaje controlado, evitar caídas y golpes en las áreas de trabajo de los casquetes y muñón de la biela del cigüeñal.					
	14.5 Gire la maquina en sentido contrario al anterior hasta que quede en posición de retirar la biela.				
	14.6 Retire e ize la biela. Ver figura 11.				



Figura 12. Izaje de la biela

	14.7 Ubique la biela en un lugar seguro.
	14.8 Desmonte los casquetes de la tapa y biela y márquelos según la posición.
	14.9 Repita los pasos 13.1 a 13.8 para los demás bielas del compresor.

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

SI = √	PLAN 15 Retire los tie-rods	MEC	P	M	Golpes y machucones
	15.1 Verifique la distancia de cada uno con un micrómetro de interiores antes de soltar, y registre el dato en la carpeta de calibración				

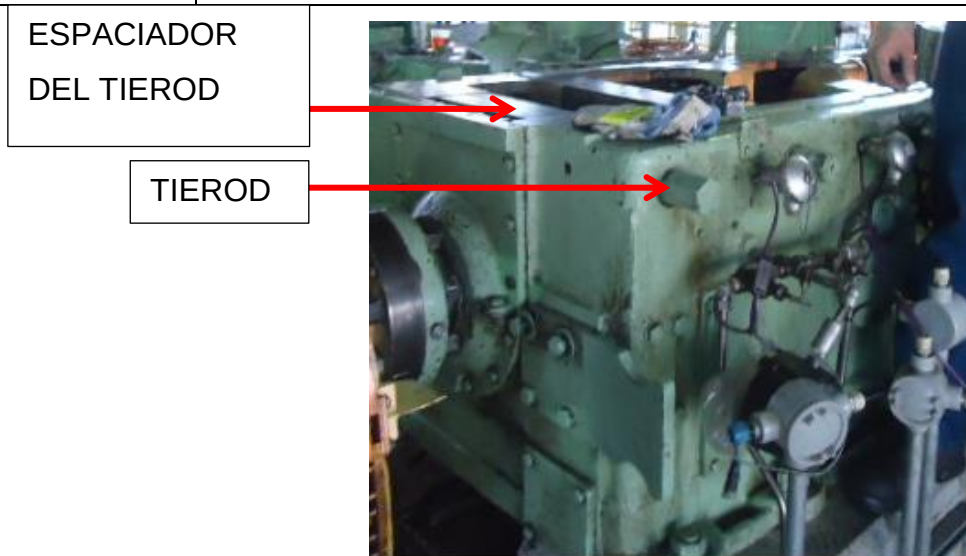


Figura 13.

	15.2 Marque la posición de trabajo de cada espaciador				
	15.3 Suelte con una copa de 3/4" verificando que no se gire				
	15.4 Instale dos cárcamos o tornillos de ojo y empiece a izar con el puente grúa, y al mismo tiempo golpee suavemente el espaciador para desajustarlo progresivamente.				
	Nota Verifique la eslinga y la rosca de los cárcamos				
SI = √	PLAN 16 Retire las bancadas.	MEC	P	M	
	16.1 Utilice las siguientes Herramientas, para el retiro de las bancadas: Llave mixta 7/8", copas de 1 1/8", extensión 5", volvedor, eslinga, tornillo de ojo y grillete de 1/2".				
	16.2 Desconecte las tuberías de lubricación de las bancadas y sensores de temperatura. Ver figura 12.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01



Figura 14. Líneas de lubricación de la bancada.

	Nota: Verifique que los tornillos que fijan la bancada no tenga prisioneros anti-giro				
	16.3 Suelte las tuercas que sujetan tapas de bancada.				
	16.4 Afloje bancadas con destornillador insertándolo entre la contrapesa y la bancada hasta que quede libre de la guía.				
	16.5 Instale tornillo de ojo, grillete y eslinga en la tapa de bancada y proceda a izar con el puente grúa.				
PRECAUCIÓN: Evite que la tapa no pegue en las contrapesas, ni se caiga el casquete.					
	16.6 Retire las líneas, casquetes y bancadas en un lugar seguro.				
	16.7 Desmonte el casquete y márquelo de acuerdo a su posición.				
	16.8 Retire los shims de las cuñas de lubricación de las bases de las bancadas y márquelas según su posición.				
	16.9 Repita los pasos 14.1 a 14.8 para desmontar las demás bancadas.				
SI = √	PLAN 17 Desmonte el manzel de lubricación.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	17.1 Utilice las siguientes Herramientas para el desmontaje del manzel de lubricación: llave mixta y copa de ¾", volvedor, rache de ½" y eslinga. Ver figura 13.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01



Figura 15. Manzel de lubricación.

	17.2 Asegúrese que el motor eléctrico este desconectado eléctricamente				
	17.3 Drene el aceite del cárter del manzel				
	17.4 Desconecte Tubbing de lubricación, empaquetaduras y cilindros.				
	17.5 Suelte tornillos que sujetan la base del manzel hacia el frame.				
	17.6 Instale la eslinga para izar con el puente grúa el conjunto desanclado. Colóquelo en un lugar seguro.				
SI = √	PLAN 18 Retiro del sello de lubricación del cigüeñal	MEC	P	M	Golpes y machucones
	18.1 Retirar los tornillos de la tapa lateral. Ver figura 16				
	18.2 Retirar los tornillos que ajustan el plato del bafle. Ver figura 16				
	18.3 Soltar el tornillo de la media luna exterior. Ver figura 16				



	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

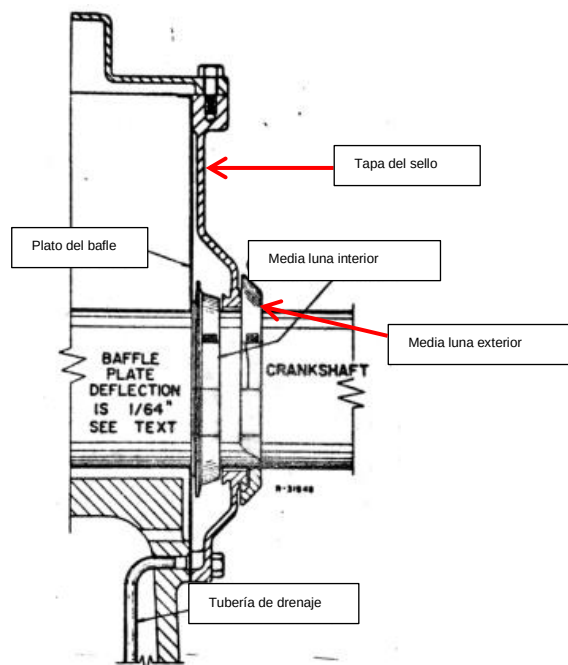


Figura 16. Sello de lubricación del cigüeñal

	18.4 Soltar el tornillo de la media luna interior. Ver figura 16				
	Nota: Verificar que el drenaje de aceite se encuentre destapado, y sin ningún tipo de daño				
SI = √	PLAN 19 Retiro de las guardas del motor	MEC	P	M	
	19.1 Marque la posición de cada una de las guardas				
	19.2 Suelte con una llave de 15/16", copa palanca cuadrante ½"				
	19.3 Retírelas y colóquelas en un lugar seguro				

En el momento del movimiento estar atentos a no estrellar el estator contra el rotor

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

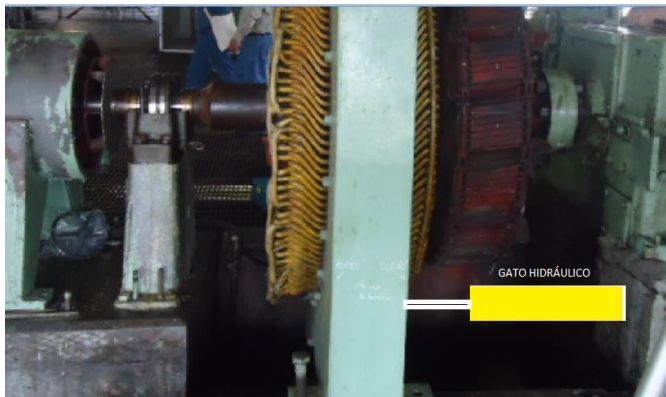


Figura 18. Estator

	20.6 Accione los gatos al mismo tiempo, llevando el movimiento controlado con un flexómetro, deslizando el estator hasta que el rotor quede completamente libre.				
SI = √	PLAN 21 Retiro de la excitatriz	ELC	P	M	Golpes y machucones
	21.1 Verifique el centrado de la excitatriz con respecto al rotor, con la ayuda de un calibrador de luces.				
	21.2 Asegure la posición de las calzas y el espesor de las mismas, y regístrelo en el formato de calibraciones. Ver figura 19				
PRECAUCIÓN: Al momento de empezar a usar los tornillos extractores tener cuidado de no cortar los cables de alimentación de energía					
	21.3 Suelte los dos tornillos que fijan el rotor de la excitatriz al eje. Ver figura 19				
	21.4 Con dos espárragos de ½" por 20" todo rosca, retire el estator de la excitatriz. Ver figura 19				
	21.5 Con una eslinga asegure el rotor de la excitatriz, verifique la posición de la cuña. Ver figura 19				
	21.6 Retirar el estator de la excitatriz con la ayuda de una eslinga y el puente grúa. Ver figura 19				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

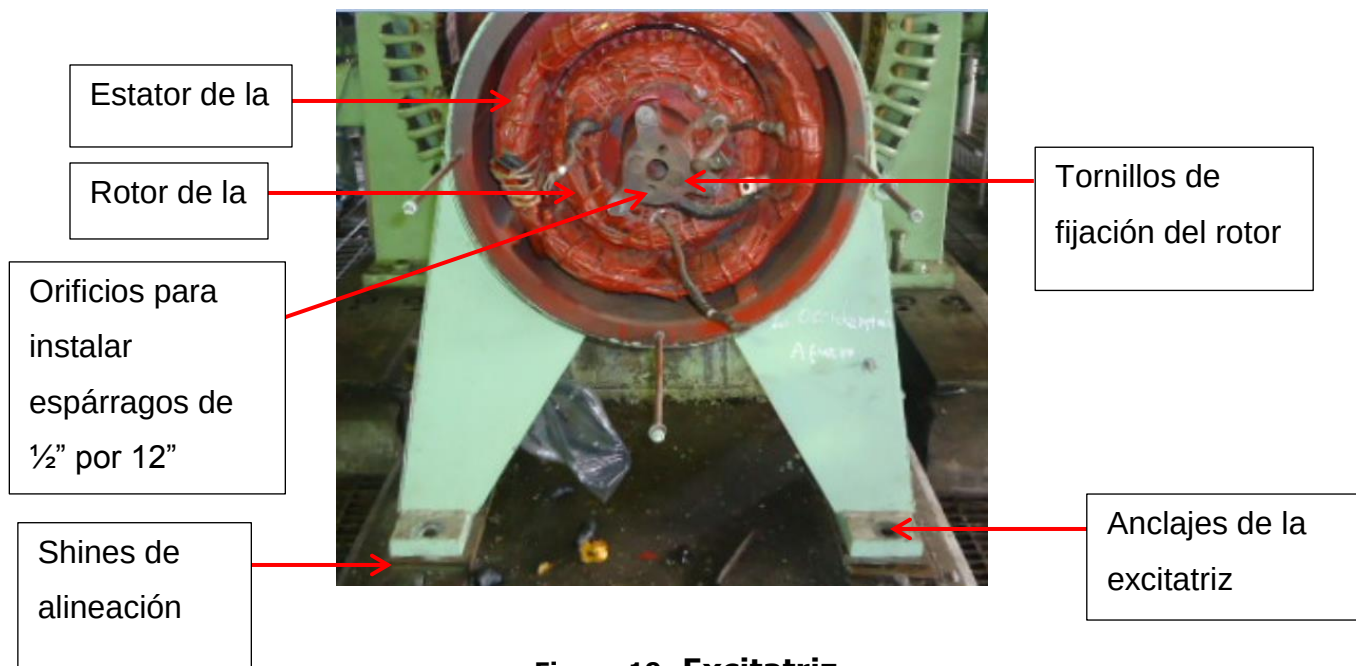


Figura 19. Excitatriz

SI = √	PLAN 22 Retiro del pillockblock del motor	MEC	P	M	Golpes y machucones
	22.1 Fabrique un soporte para mantener centrado el rotor del motor, y poder realizar ajustes finos. Ver figura 20				

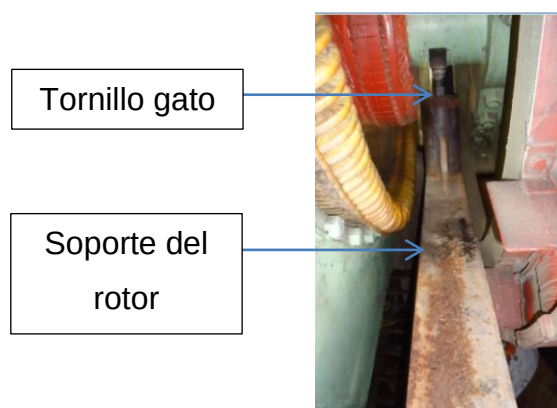


Figura 20. Soporte del rotor

	22.2 Suelte la tapa superior del rodamiento
	22.3 Verifique la posición del rodamiento dentro de la caja del rodamiento

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	22.4 Suelte la tuerca que fija el manguito del rodamiento
	22.5 Instale un indicador de caratula, y suba el rotor 0.010" con ayuda del soporte
	22.6 Suelte los anclajes del pillowblock
	22.7 Retire la caja de rodamientos
	22.8 Retire el rodamiento
	22.9 Suelte la base del pillowblock
	Nota : Al momento de desanclar tenga en cuenta el número de calzas y el espesor de las baquelitas tanto de la caja como de los anclajes

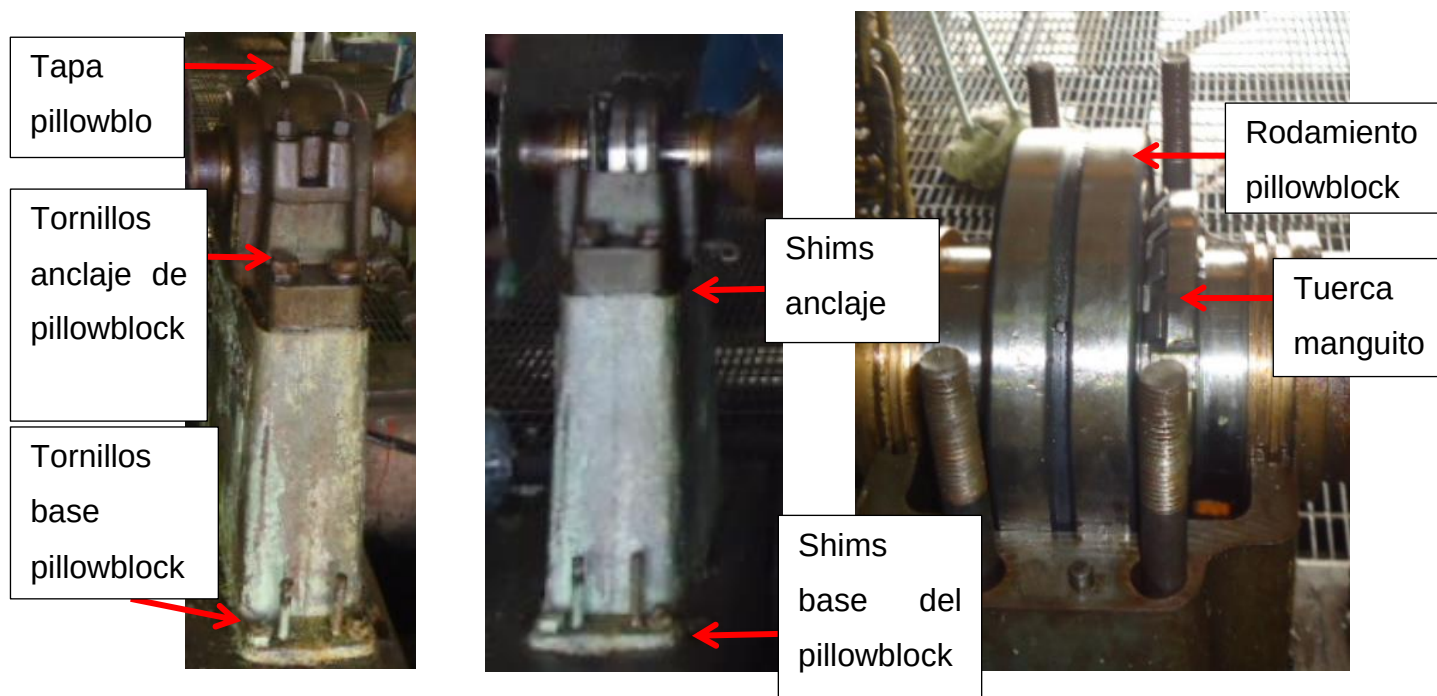


Figura 21. Pillowblock

SI = √	PLAN 23 Retiro del estator	MEC	P	M	Golpes y machucones
	23.1 Con la ayuda del soporte mantenga centrado el rotor				
	23.2 Ice el estator sujetándolo por la parte superior con el puente grúa como lo muestra la figura 22				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	23.3 Retírelo de su base y colóquelo en un lugar seguro
--	---

PRECAUCIÓN: Al momento de mover el estator tenga cuidado de no partir los cables de conexión que se encuentran en la parte inferior del estator



Figura 22. Desmontaje del estator

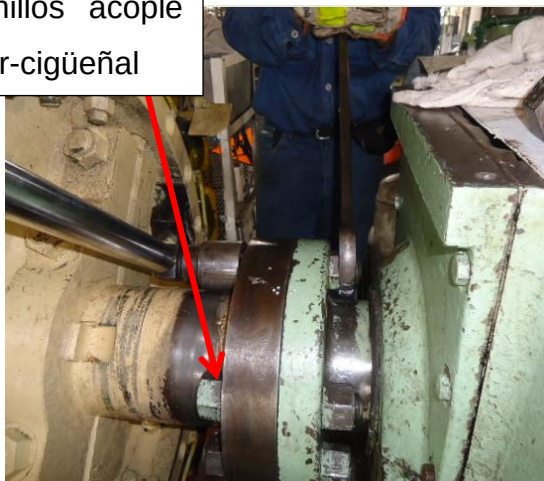
SI = √	PLAN 24 Desmontaje del rotor del motor	MEC	P	M	Golpes y machucones
--------	---	-----	---	---	---------------------

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	24.1 Para el desmontaje del rotor utilice las siguientes herramientas: Llave mixta de 3/4", 2 1/8", tornillo de ojo (2) y grillete (2) de 1/2", eslinga (2) de igual longitud y capacidad, Diferencial de 1/2 ton y grillete de 1".
	24.2 Verifique el correcto centrado del rotor con respecto al cigüeñal, con un nivel de precisión
	24.3 Asegure el rotor con dos eslingas a los dos diferenciales (5ton) del puente grúa

PRECAUCIÓN: Asegure el correcto centrado con un nivel de precisión, para evitar deformación de los tornillos de acople con el cigüeñal	
	24.4 Suelte los tornillos del acople entre el rotor y el cigüeñal. Ver figura 23

Tornillos acople
rotor-cigüeñal



Diferenciales y
eslingas

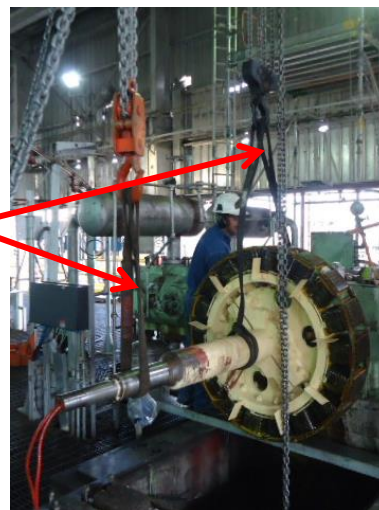
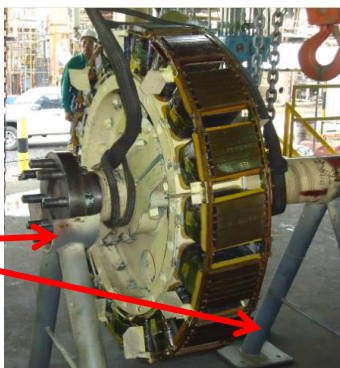


Figura 23. Desmontaje del rotor del motor

Soporte del
rotor



	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

Figura 24. Soporte del rotor

	24.5 Ice el rotor y ubíquelo en el soporte para su transporte seguro. Ver figura 24				
SI = √	PLAN 25 Desmontaje del cigüeñal.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	25.1 Utilice las siguientes Herramientas para el desmontaje del cigüeñal: Llave mixta de 3/4", 2 1/8", tornillo de ojo (2) y grillete (2) de 1/2", eslinga (2) de igual longitud y capacidad, Diferencial de 1/2 ton y grillete de 1". Ver figura 25.				
	25.2 Desconecte las entradas y retornos de las líneas de aceite que van a la bomba y al enfriador.				
	25.3 Suelte tornillos de la tapa del sistema de lubricación dejando dos de ellos para soportar mientras se iza.				



Figura 25.

	25.4 Instale tornillos de ojo, grillete y eslinga para izar tapa.				
PRECAUCIÓN: Retire tapa de tal forma que no golpee el filtro de succión de la bomba puede causar daños a los internos.					
SI = √	PLAN 26 Izaje del cigüeñal	MEC	E	M	Golpes y machucones
PRECAUCIÓN: Antes de izar el cigüeñal recubra el muñón de biela número 3 y la zona del cigüeñal libre que queda entre el acople y la bancada 1.					
	26.1 Instale las eslingas en zonas del cigüeñal recubiertas y el diferencial en el puente grúa.				
	26.2 Posicione el puente grúa en el centro de masa del cigüeñal.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

	26.3 Instale la eslinga que está sujeta en el muñón de biela número 3 en el gancho del puente grúa, la otra eslinga instálela en el en gancho del diferencial.
	26.4 Inicie el levantamiento del cigüeñal con el puente grúa lentamente e ir nivelando la carga con el diferencial.
PRECAUCIÓN: Nivele las contrapesas no golpear las bases de las bancadas del frame.	
	26.5 Posicione el cigüeñal y sopórtelo. Ver figura 26.



Figura 26. Posicionamiento del cigüeñal.

** Fin de Procedimiento **

5. CONTINGENCIAS

- Si al ejecutar este Instructivo, en la actividad se presenta una situación fuera del alcance del trabajo planeado, notifique al supervisor ó jefe inmediato para revalorar el trabajo e implementar controles a los cambios del alcance.
- Si se identifica alguna acción de mejora en la ejecución de este instructivo documéntelo en las observaciones de la lista de chequeo.

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 20/09/2014	Versión: 01

RELACIÓN DE VERSIONES

Documento Anterior			
Versión	Fecha	Antiguo Código y Título	Cambios
1	20/09/2014		Creación del Documento.
Documento Nuevo			
Versión	Fecha	Cambios	
Para mayor información sobre este documento dirigirse a quien lo elaboró, en nombre de la dependencia responsable:			
Elaboró: Jhon Jairo Fuentes Santamaría – Jhon Fredy Camelo González			
Teléfono: 48607 - 49919			
Buzón: Jhon.fuentes@ecopetrol.com.co - Jhon.camelo@ecopetrol.com.co			
Dependencia: Departamento de Mantenimiento-PPQ			
Revisó		Aprobó	
Elber Fernando Ruiz Rueda		Andrés Iván Cuellar Molina	
Ingeniero coordinación de equipo rotativo		Jefe Departamento de Mantenimiento	

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	2
2. GLOSARIO.....	2
3. CONDICIONES GENERALES	2
4. DESARROLLO	6
5. CONTINGENCIAS.....	29

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

1. OBJETIVO

Describir una secuencia correcta y segura para la revisión y/o reparación del compresor SC 2201/02 de la planta Polietileno I de la GRB.

2. GLOSARIO

Lainas: Láminas de acero milimétricas calibradas y recortadas, para ajustes de alineación vertical.

Cárter del cigüeñal: Parte del cárter, que es estructural con el bloque, y que está en contacto directo con el mismo, y más concretamente con el conjunto cilindros - cigüeñal. A esta pieza se une el bloque de los cilindros, y lleva integrados los cojinetes de bancada o apoyos del cigüeñal, que son de acero integrados en el aluminio, sobre los que gira el cigüeñal, que queda sujeto más rígidamente.

Reloj comparador: Es un instrumento de medición de dimensiones que se utiliza para comprar cotas mediante medición indirecta del desplazamiento de una punta de contacto.

Run-out: (traducción al español) Recorrido circular externo.

3. CONDICIONES GENERALES

- | | |
|---|--|
| Frecuencia de
revisión y de ciclo
de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Cada 3 años o antes si lo requiere • 36 meses |
|---|--|

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

Valoración RAM	M (Personas).
Peligros y Precauciones de Seguridad	- Presencia de sustancias químicas o Compuestos Volátiles Orgánicos (VOC's), utilizar protección Respiratoria, Mascara media cara con protección respiratoria. - Golpes, Machucones y/o atrapamientos por mal uso de herramientas o mal estado de las mismas, verifique el estado de las herramientas antes de usarlas. - Caída de objetos por mal aseguramiento. Asegure de Amarrar las Herramientas de mano evitando caídas de las mismas ocasionando daños o lesiones personales a otras personas. - Fatiga corporal. Aplicar los principios de higiene Corporal y Ergonomía para la realización de las tareas. Aplicación de Pausas Activas. - Perdida de disponibilidad del equipo. Asegure la aplicación de la lista de chequeo, evitando reprocesos y pérdidas de tiempo.
Precauciones Ambientales:	- Evite derrame de productos químicos al medio ambiente (lubricantes, agentes limpiadores, etc.) - Disponga adecuadamente de los residuos o desechos Producto de la labor de mantenimiento en los sitios estipulados para tal fin. - Los sellos de aceite, deben ser drenados de forma adecuada en el área de descontaminación, utilice recipientes para la recolección de material líquido y haga disposición de los mismos según procedimientos del área operativa o taller.
Referencias:	- COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 3HHE 3-2 SC-2201/02. Manual del compresor (archivo técnico de mecánica de la GRB). - API 618 (reciprocating compressors for petroleum, chemical and gas industry service). - PMA-PMA-F-048L INSTRUCTIVO MANEJO DEL EQUIPO DE OXICOMBUSTIBLE. - PMA-PMA-I-375 INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO SEGURO DE LLAVES DE TORQUE

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

Equipo Personal de Protección:

- Protección Respiratoria: Mascara media cara con protección respiratoria para vapores orgánicos, gases ácidos y material particulado.
- Protección auditiva: orejera y/o tapón de inserción
- Protección de la cabeza: Casco Tipo B
- Protección ojos y cara: Gafas de seguridad
- Protección de manos: Guantes de Nitrilo y/o vaqueta
- Protección del cuerpo: Braga o pantalón y camisa en dril, detector de H₂S (pulsar).

Recursos Materiales

- Eslingas y/o estrobos certificadas y en buen estado de acuerdo al plan izaje.
- Diferencial de carga de 1 Ton.
- Grilletes de acuerdo a plan de izaje ½" y ¾".
- Cáncamos/ (tornillos de ojo) de ½" 5/8"
- Volvedor cuadrante de 1"
- Pistola neumática cuadrante de ½" y manguera para aire certificada.
- Caja de herramientas estándar de mecánico.
- Comparador de caratulas para tomas de juego axial y run out.
- Deflexometro
- Copas de 1 7/16", 1 ½", 1 5/8", 2", 2 1/8"
- Llave de golpe de 3-3/8"
- Maseta de bronce de 15 lbs.
- Protector de roscas
- Banco de trabajo
- Base magnética
- (2) Dos Palpadores análogos rango 10mm
- Puente grúa capacidad 10 toneladas.
- Llave electrohidráulica (Enerpac)

Recursos Humanos

- (4) Cuatro Mantenedores de superficie Mecánicos con competencias comprobadas.
- (2) Dos Instrumentistas con competencias comprobadas.
- (4) Cuatro metalmecánicos con competencias comprobadas.
- (2) Dos eléctricos con competencias comprobadas.
- (2) Dos personas de labor

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

Rango de Aplicación	• Paro/arranque programados en planta • Equipos aplica este instructivo • Compresores reciprocantes SC 2201/02
Diagramas y Planos	• COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 3HHE 3-2 SC-2201/02. Manual del compresor anexos planos, (archivo técnico de mecánica de la GRB).
Equipos o Sistemas Conectados	• Barraje de alimentación • Casilla eléctrica • Motor eléctrico
Descripción Básica del Sistema	• La finalidad del área de compresión de la planta polietileno I, es comprimir el Etileno de carga proveniente de la planta de Etileno (200 psig); hasta la presión requerida para que se efectúe la reacción de polimerización (3000 psig); ésta operación se realiza en tres pasos: baja, media y alta presión.
Requisitos o Precondiciones	• El operador y el mantenedor realizaron el permiso de trabajo de acuerdo formato de análisis de riesgos DHS-F-150. • El operador aplicó el SAS. • El electricista aplico el SAES. • El operador encargado del equipo verifico ausencia de vapores orgánicos en el área de trabajo donde va a realizar la actividad de reparación del equipo. • Los metalmecánicos cegaron las líneas del equipo. • El mecánico definió el alcance del trabajo. • El operador diligenció el protocolo de entrega de custodia a mantenimiento. • El mantenedor de limpieza limpió y descontaminó el equipo • El mecánico limpió y descontaminó el área de trabajo.

4. DESARROLLO

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

TAREAS		PELIGROS			Consecuencias
CHECKLIST		QUIEN	TIPO	RAM	
SI = √	PLAN 27 Verifique las condiciones del área de trabajo.	MEC	P	M	Reprocesos, posturas inadecuadas y/o caídas
	27.1 Verifique que todos los documentos que se requieren para desarrollar la actividad estén diligenciados apropiadamente, tengan las firmas correspondientes y se halla divulgado el panorama de riesgos antes de iniciar el trabajo.				
	27.2 Verifique el área y número de canecas para la recolección del aceite.				
	27.3 Verifique SAS y SAES de proceso y que el equipo haya sido drenado y despresurizado				
	27.4 Verifique el uso del candado verde en la casilla				
	27.5 Drene completamente el aceite del Carter.				
	27.6 Verifique que la bomba de lubricación se encuentre aislada y tarjetada.				
	27.7 Verifique que las válvulas de venteo estén abiertas para garantizar que el sistema este despresurizado.				
	27.8 Verifique que el área de trabajo esté limpia y en óptimas condiciones para trabajar.				
	27.9 Asegure la instalación de un banco de trabajo (Mesa)				
SI = √	PLAN 28 Retire tapas de inspección del cárter y pistones.	MEC	P	M	Golpes, machucones posturas inadecuadas y/o caídas
	28.1 Marque cada tapa teniendo en cuenta su posición original.				
	28.2 Suelte los tornillos de las tapas del cárter utilizando copa de 3/4", rache o volvedor con cuadrante de 1/2" y llave mixta de 3/4".				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	28.3 Recolecte la tornillería en bolsas y márquela según su posición.				
	28.4 Ubique las tapas en un lugar seguro (Estibas).				
	28.5 Verifique los empaques de durable y ubíquelos en un lugar seguro.				
SI = √	PLAN 29 Tome el juego axial y deflexión del cigüeñal.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	Nota: Antes de tomar el juego axial verifique que Pillowblock se encuentra suelto				
	29.1 Gire el volante con una palanca, posicionando unas de las contrapesas del cigüeñal en posición vertical hacia arriba para instalar el palpador.				
	29.2 Instale la base magnética del comparador en la tapa de bancada más cercana a la contrapesa. Ver figura 1.				

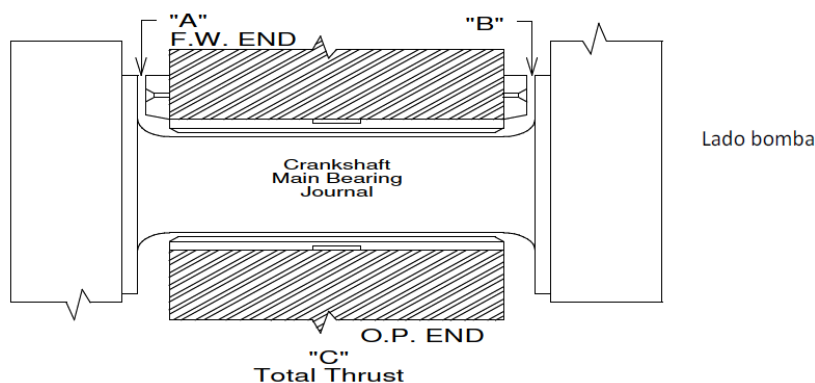


Figura 27. Toma del juego axial del cigüeñal.

	29.3 Ubique el palpador del indicador de tal forma que toque la superficie de la contrapesa y registro en cero.				
	29.4 Ubique un destornillador o una barra entre una bancada y una contrapesa haciendo fuerza del lado volante hacia el lado bomba de lubricación y viceversa.				
	29.5 Registrar la medida arrojada por el dial en el formato de calibraciones.				
	NOTA: El juego axial máximo recomendado por el fabricante es de 0.015"				
	29.6 Instale el deflexometro en la contrapesa más cercana al volante. Ver figura 2				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

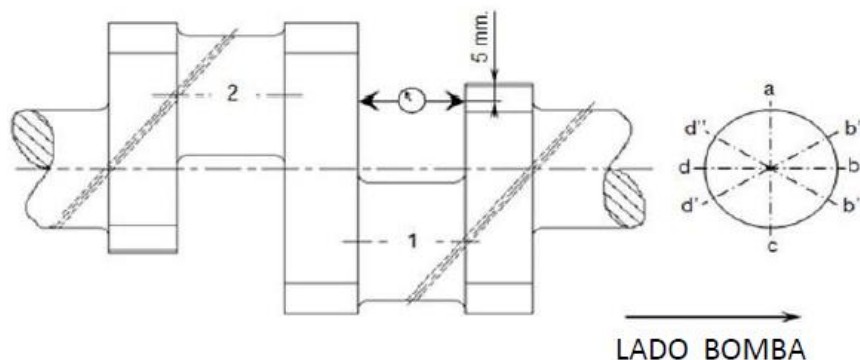


Figura 28. Toma de deflexión en el cigüeñal

	29.7 Gire con precaución el volante mirando el dial y utilizando un espejo. Tenga en cuenta que se puede golpear el deflexometro contra la biela.				
	29.8 Registre el resultado de la medida obtenida por el dial, en el formato de calibraciones.				
	NOTA: La deflexión máxima del cigüeñal recomendado por el fabricante es de 0.001"				
SI = √	PLAN 30 Tome juego axial y radial de bielas.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	30.1 Realice el juego axial utilizar una base magnética y un palpador				
	30.2 Instale la base magnética en la cara lateral de la contrapesa y acerque el palpador del indicador en una cara de la biela.				
	30.3 Aplique Manualmente o con palanca una fuerza horizontal para desplazar axialmente la biela.				
	30.4 Tome nota de la lectura arrojada y apúntelas en el formato de calibraciones.				
	30.5 Repita los pasos 4.1 al 4.4 para las demás bielas.				
	NOTA: El máximo juego axial para las bielas recomendado por el fabricante 0.000" (Revisar catalogo)				
	30.6 Tome el juego radial utilizar una base magnética y un palpador.				
	30.7 Instale la base magnética en la parte superior de la contrapesa y acerque el palpador del indicador a la parte superior de la biela. Con la biela en posición punto muerto superior.				
	30.8 Instale un tornillo de ojo en la tapa de la biela y con una eslinga y el puente grúa levante con precaución hasta sentir contacto entre la biela y el cigüeñal.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	30.9 Tome nota de la lectura arrojada y anótelas en el formato de calibraciones.				
	30.10 Repita los pasos 4.6 al 4.9 para las demás bielas.				
	NOTA: El máximo juego radial para las bielas recomendado por el fabricante debe estar entre 0.003" y 0.006"				
SI = √	PLAN 31 Mida el run out de vástagos de pistones.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	31.1 Realice el run out utilizando una base magnética y dos palpadores				
	31.2 Gire la máquina de tal forma que el pistón quede posicionado en el punto muerto superior. Ver figura 3				
	31.3 Instale la base magnética con los comparadores en la base de la pieza distanciando entre los anillos de aceite y la caja de sellos.				



Figura 29. Zona de medición de run out del vástago del pistón.

	31.4 Ubique un palpador en la dirección horizontal y el otro en vertical a la Barra del pistón. Ver figura 4 y 5
--	--

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

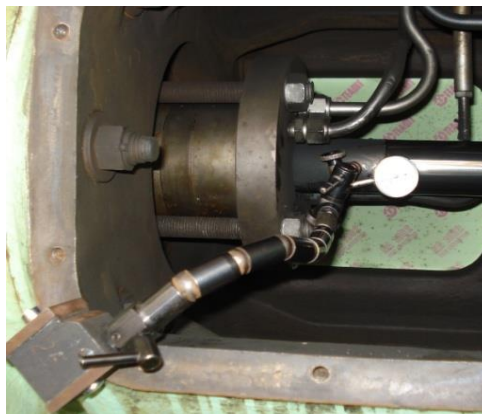


Figura 30. Toma de lectura vertical del run out del vástago del pistón.



Figura 5. Toma de lectura horizontal del run out del vástago del pistón.

	31.5 Gire el volante de la maquina 360° observando las lecturas de los comparadores.				
	31.6 Registre las lecturas en el formato de calibración Y repita los pasos 5.1 al 5.6 para las otras Barras de los pistones. (de cada una de las etapas).				
	NOTA: El máximo valor de run out permitido es de 0.003". (Revisar en el catálogo)				
SI = √	PLAN 32 Retire tapones de los cilindros de cada etapa.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	32.1 Para retirar los tapones se requiere de 1 volvedor cuadrante de ¾" y copas de 1" 7/16", 1 ½", 1 5/8", tornillos de ojo de 5/8", eslinga y puente grúa.				
	32.2 Suelte las tuercas de los espárragos de los tapones que sujetan al cuerpo del cilindro de primera etapa del SC 2201 con el volvedor y la copa.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	32.3 Instale el tornillo de ojo, con la eslinga y el puente grúa				
	32.4 Ize, retire los tapones y coloque en un lugar seguro.				
	32.5 Realice los pasos 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4, para retirar los tapones de los cilindros de las demás etapas.				
SI = √	PLAN 33 Tome la caída de los pistones.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	33.1 Tome la caída en los pistones utilice un calibrador de laines, un micrómetro de 0-25mm. Ver figura 5.				
	33.2 Gire la máquina y posicione el pistón aproximadamente en la mitad de su carrera en la camisa del cilindro.				
	33.3 Tome las holguras entre el pistón y la camisa como lo especifica el formato de calibraciones.				



Figura 31. Calibración de la caída del pistón.

	33.4 Registre las holguras tomadas en el formato de calibraciones				
	33.5 Repita estos pasos para las demás etapas del compresor.				
	NOTA: La holgura máxima permitida para cada pistón y la camisa se recomienda revisarla en el manual del fabricante				
SI = √	PLAN 34 Calibre las holguras entre patín y porta patín.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	NOTA: Para realizar este plan se requiere de un calibrador de laines o luces.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	34.1 Gire la maquina máquina de tal forma que el patín este ubicado en la mitad de su recorrido. Ver figura 6.
--	--



Figura 32. Patín del compresor.

	34.2 Tome las holguras según el formato de calibración. Ver figura 7.
--	---

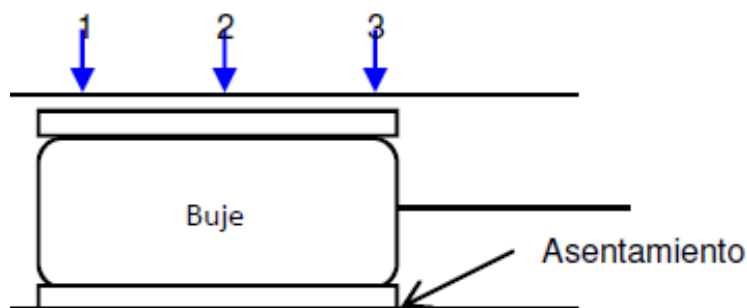


Figura 33. Puntos de medición en el patín.

	34.3 Registre los valores en el formato de calibración.				
	34.4 Repita los pasos 8.1, 8.2 y 8.3 para los demás patines.				
	NOTA: La holgura recomendada por el fabricante es de 0.010"- 0.015"				
SI = √	PLAN 35 Retire válvulas se succión y descarga sin puerto indicador	MEC	P	M	Golpes y machucones
	NOTA: Para realizar esta tarea se requiere de las siguientes herramientas: copas 1 5/8", 1 5/16" cuadrante de ¾", rache				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	35.1 Suelte el tornillo gato y suelte las tuercas de las tapas de válvula.
	35.2 Retire las tapas de las válvulas de succión. Ver figura 8.

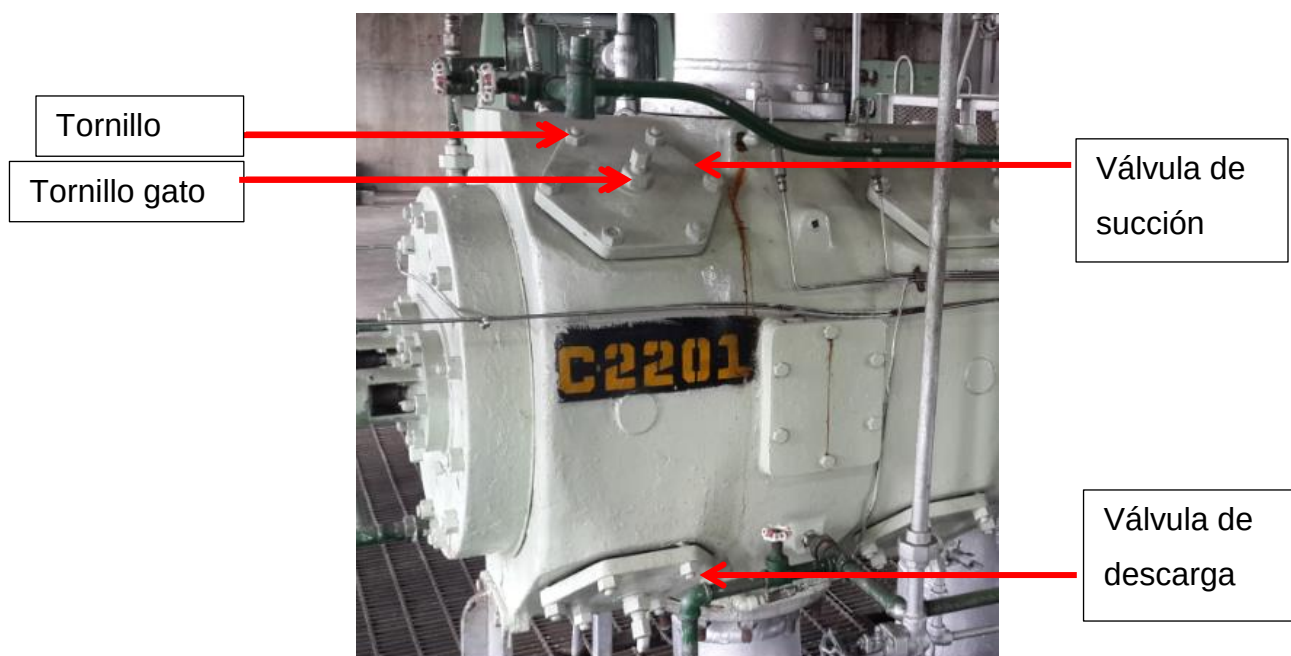


Figura 34. Tapa de válvulas de succión y descarga

	35.3 Retire la materia, válvula y márquelas según su posición punto muerto superior (HE) / punto muerto inferior (CE).				
	35.4 Retire las tapas de válvula de descarga. Ver figura 8.				
	35.5 Retire la materia y la válvula, márquelas según la posición encontrada. HE / CE				
	35.6 Verifique el estado de las válvulas desmontadas para el análisis de falla.				
SI = √	PLAN 36 Retiro de válvulas con puerto indicador	MEC	P	M	Golpes y machucones
	<i>NOTA: Para realizar esta tarea se requiere de las siguientes herramientas: copas 1 5/8", 1 5/16" cuadrante de 3/4", rache</i>				
	36.1 Desconectar el sensor de presión, por parte de instrumentos				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	36.2 Suelte las seis tuercas que aprietan el puerto indicador
	36.3 Suelte la tapa de la válvula normalmente
	36.4 Suelte los prisioneros que sujetan la materia (Llave de 5/32 hexagonal)
	36.5 Retire la materia y la válvula. Mire la figura 9
	36.6 Marque las válvulas

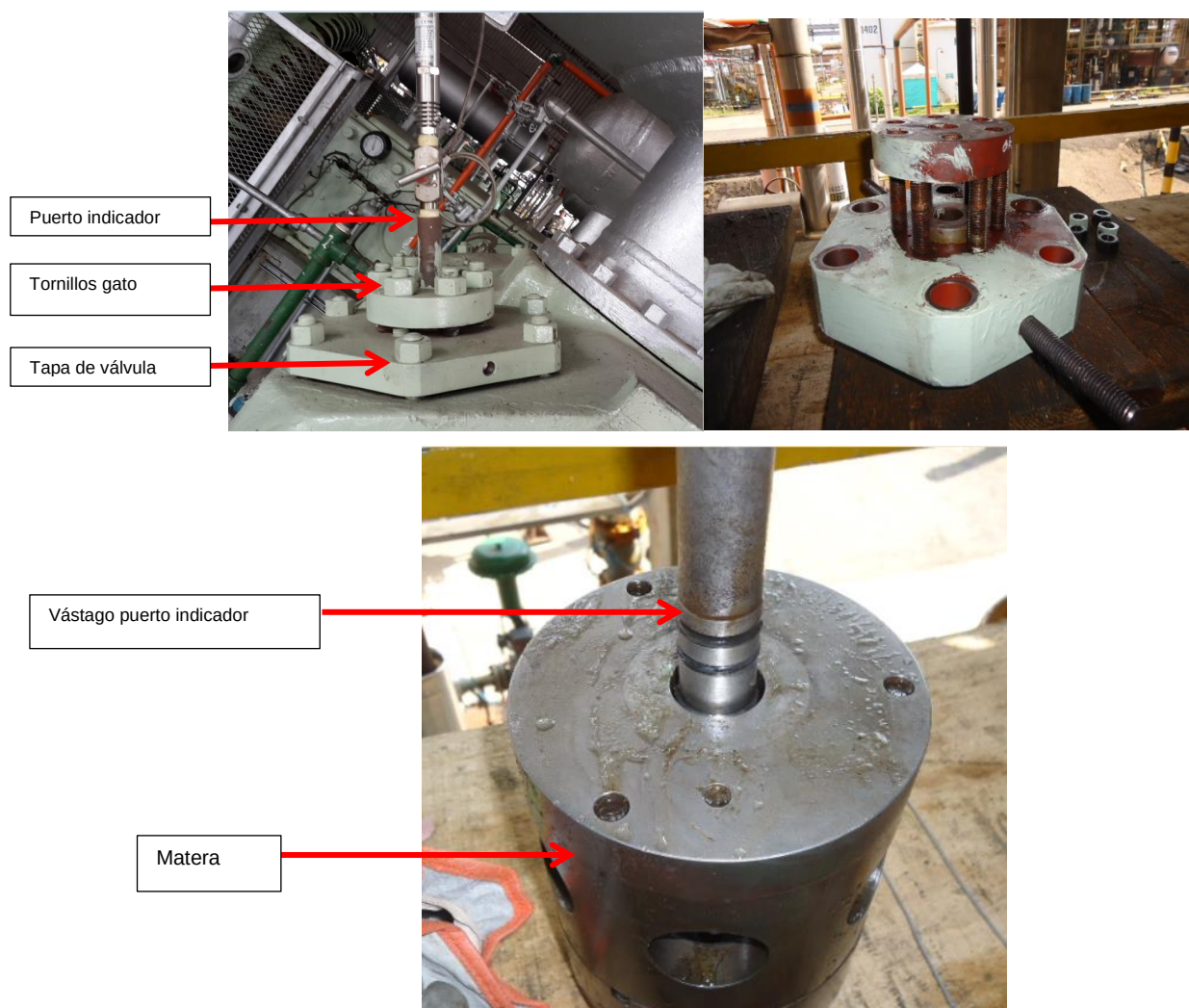


Figura 35. Válvulas con puerto indicador

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	36.7 Verifique el estado de las válvulas desmontadas para el análisis de falla.				
SI = √	PLAN 37 Retire el conjunto de pistones.	MEC	E	M	Golpes y machucones
	37.1 Utilice el equipo de Enerpac (llave electrohidráulica), con una copa de 3 3/8" protector de roscas, eslinga y puente grúa; para desenroscar los vástagos de los patines.				
	37.2 Gire la máquina de tal forma que el patín este ubicado en la mitad de su recorrido.				
	37.3 Retire el pasador de la tuerca que sujeta la barra del pistón al patín con la llave de 3/4".				
	37.4 Ubique la llave electrohidráulica en la tuerca que sujeta la barra con el patín de tal forma que quede en una posición ergonómica.				
	37.5 Instale la llave electrohidráulica, para desenroscar el conjunto pistón- vástago del patín en el alojamiento del pistón y proceda a desenroscar.				
	37.6 Desenrosque completamente el vástago y el pistón del patín hale el conjunto hacia atrás e instale el protector de rosca en el pistón.				
	37.7 Retire el pistón de la camisa hasta una posición de tal forma que se pueda instalar la eslinga e izar con el puente grúa.				
	37.8 Ice pistón, vástago y ubicar en un sitio seguro.				

PRECAUCIÓN: El retiro de vástagos y pistones, se debe realizar con un izaje controlado, evitar golpes en las áreas de trabajo de las partes.					
---	--	--	--	--	--

	37.9 Repita los pasos del 10.1 a 10.8 para el retiro los pistones. de las otras 3 etapas.				
	37.10 Retire sellos de aceite y de gas.				
	37.11 Retire las tuberías de lubricación y refrigeración de las cajas de sellos y márfelas. Ver figura 9.				
SI = √	PLAN 38 Retiro de sellos de aceite y gas	MEC	P	M	Golpes y machucones

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

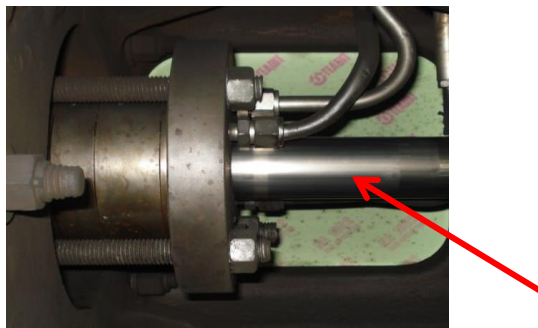


Figura 36. Retiro de líneas de lubricación (Tubbing).

	38.1 Suelte los tornillos que sujetan los sellos de aceite a la pieza distanciadora, retire anillos y marque según etapa. Ver figura 10.
	38.2 Suelte los tornillos que sujetan los sellos de gas al cilindro, retire el sello y marque según etapa. Ver figura 10.



Figura 37. Alojamiento de los sellos de aceite y gas.

	38.3 Realice el mismo procedimiento para las otras 3 etapas del compresor.				
SI = √	PLAN 39 Retire los patines	MEC	P	M	Golpes y machucones
	39.1 Utilice las siguientes herramientas: copas y llaves de 1", 1 1/16", extensión de 5", volvedor y eslinga.				
	39.2 Gire la máquina de tal forma que el patín este ubicado en la mitad de su recorrido.				
	39.3 Suelte el tornillo pasante que sujeta el pin (bulón) entre el patín y la biela y retírelos.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	39.4 Retire el pin (bulón) del alojamiento de la biela y el patín.				
	39.5 Soporte el patín con una palanca apoyándola en la pieza distanciadora, gire la maquina hasta que la biela saga del alojamiento del patín.				
	39.6 Gire el patín en la cuna con mucha precaución para evitar machucones.				
	39.7 Deslice el patín sobre el porta patín hasta que descansa en la base de la pieza distanciadora				
	39.8 Instale la eslinga en el alojamiento del pin e Ize con el puente grúa.				
	39.9 Ubique el patín en un lugar seguro.				
	39.10 Retire los pasos 12.1 a 12.9 para el retiro de los demás patines.				
SI = √	PLAN 40 Retire las bielas.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	40.1 Utilice las siguientes Herramientas, para el retiro de las bielas: Copa 1 5/8", con cuadrante de ¾", volvedor, tornillo de ojo de ½", grillete de ½" y eslinga.				
	40.2 Gire la maquina hasta que la biela quede posicionada, para soltar las tuercas que sujetan la tapa de la biela y la tapa				
	NOTA: Antes de desmontar marque la posición en que se encuentra la biela para evitar la instalación en otra posición				
	40.3 Instale el Cáncamo (tornillo de ojo, el grillete, la eslinga en la biela y soporte con el puente grúa).				
	40.4 Retire los tornillos y la tapa.				
PRECAUCIÓN: El retiro de tornillos y las tapas, se debe realizar con un izaje controlado, evitar caídas y golpes en las áreas de trabajo de los casquetes y muñón de la biela del cigüeñal.					
	40.5 Gire la maquina en sentido contrario al anterior hasta que quede en posición de retirar la biela.				
	40.6 Retire e ize la biela. Ver figura 11.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01



Figura 38. Izaje de la biela

	40.7 Ubique la biela en un lugar seguro.					
	40.8 Desmonte los casquetes de la tapa y biela y márquelos según la posición.					
	40.9 Repita los pasos 13.1 a 13.8 para los demás bielas del compresor.					
SI = √	PLAN 41 Retire los tie-rods	MEC	P	M	Golpes y machucones	
	41.1 Verifique la distancia de cada uno con un micrómetro de interiores antes de soltar, y registre el dato en la carpeta de calibración					

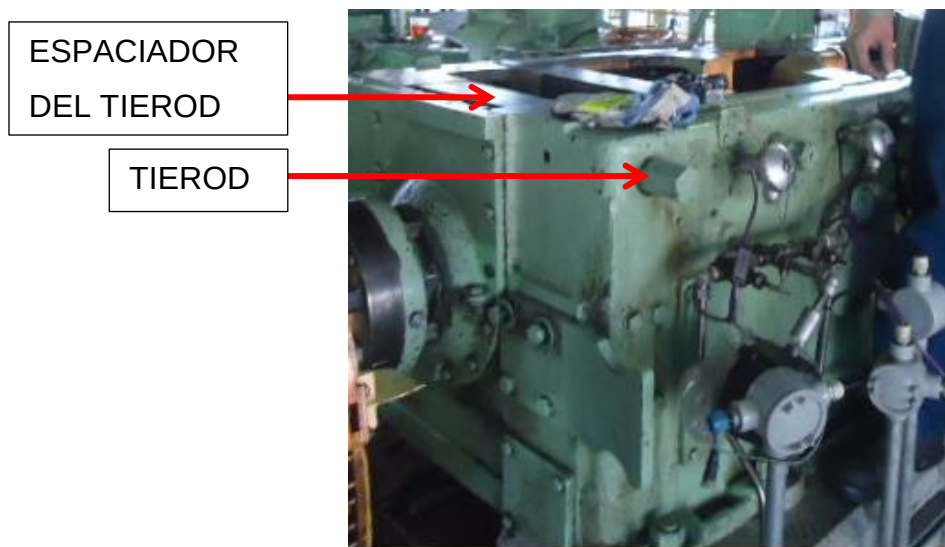


Figura 39.

	41.2 Marque la posición de trabajo de cada espaciador
--	---

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	41.3 Suelte con una copa de 3/4" verificando que no se gire				
	41.4 Instale dos cárcamos o tornillos de ojo y empiece a izar con el puente grúa, y al mismo tiempo golpee suavemente el espaciador para desajustarlo progresivamente.				
	Nota Verifique la eslinga y la rosca de los cárcamos				
SI = √	PLAN 42 Retire las bancadas.	MEC	P	M	
	42.1 Utilice las siguientes Herramientas, para el retiro de las bancadas: Llave mixta 7/8", copas de 1 1/8", extensión 5", volvedor, eslinga, tornillo de ojo y grillete de 1/2".				
	42.2 Desconecte las tuberías de lubricación de las bancadas y sensores de temperatura. Ver figura 12.				



Figura 40. Líneas de lubricación de la bancada.

	Nota: Verifique que los tornillos que fijan la bancada no tenga prisioneros anti-giro
	42.3 Suelte las tuercas que sujetan tapas de bancada.
	42.4 Afloje bancadas con destornillador insertándolo entre la contrapesa y la bancada hasta que quede libre de la guía.
	42.5 Instale tornillo de ojo, grillete y eslinga en la tapa de bancada y proceda a izar con el puente grúa.
PRECAUCIÓN: Evite que la tapa no pegue en las contrapesas, ni se caiga el casquete.	
	42.6 Retire las líneas, casquetes y bancadas en un lugar seguro.
	42.7 Desmonte el casquete y márkuelo de acuerdo a su posición.
	42.8 Retire los shims de las cuñas de lubricación de las bases de las bancadas y

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	márquelas según su posición.				
	42.9 Repita los pasos 14.1 a 14.8 para desmontar las demás bancadas.				
SI = √	PLAN 43 Desmonte el manzel de lubricación.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	43.1 Utilice las siguientes Herramientas para el desmontaje del manzel de lubricación: llave mixta y copa de ¾", volvedor, rache de ½" y eslinga. Ver figura 13.				



Figura 41. Manzel de lubricación.

	43.2 Asegúrese que el motor eléctrico este desconectado eléctricamente				
	43.3 Drene el aceite del cárter del manzel				
	43.4 Desconecte Tubbing de lubricación, empaquetaduras y cilindros.				
	43.5 Suelte tornillos que sujetan la base del manzel hacia el frame.				
	43.6 Instale la eslinga para izar con el puente grúa el conjunto desanclado. Colóquelo en un lugar seguro.				
SI = √	PLAN 44 Retiro del sello de lubricación del cigüeñal	MEC	P	M	Golpes y machucones
	44.1 Retirar los tornillos de la tapa lateral. Ver figura 16				
	44.2 Retirar los tornillos que ajustan el plato del baffle. Ver figura 16				
	44.3 Soltar el tornillo de la media luna exterior. Ver figura 16				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

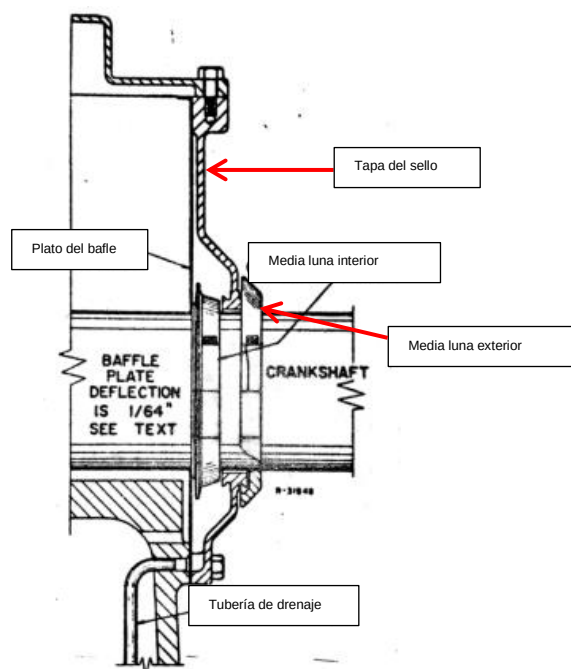


Figura 42. Sello de lubricación del cigüeñal

	44.4 Soltar el tornillo de la media luna interior. Ver figura 16				
	Nota: Verificar que el drenaje de aceite se encuentre destapado, y sin ningún tipo de daño				
SI = √	PLAN 45 Retiro de las guardas del motor	MEC	P	M	
	45.1 Marque la posición de cada una de las guardas				
	45.2 Suelte con una llave de 15/16", copa palanca cuadrante ½"				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

45.3 Retírelas y colóquelas en un lugar seguro
--

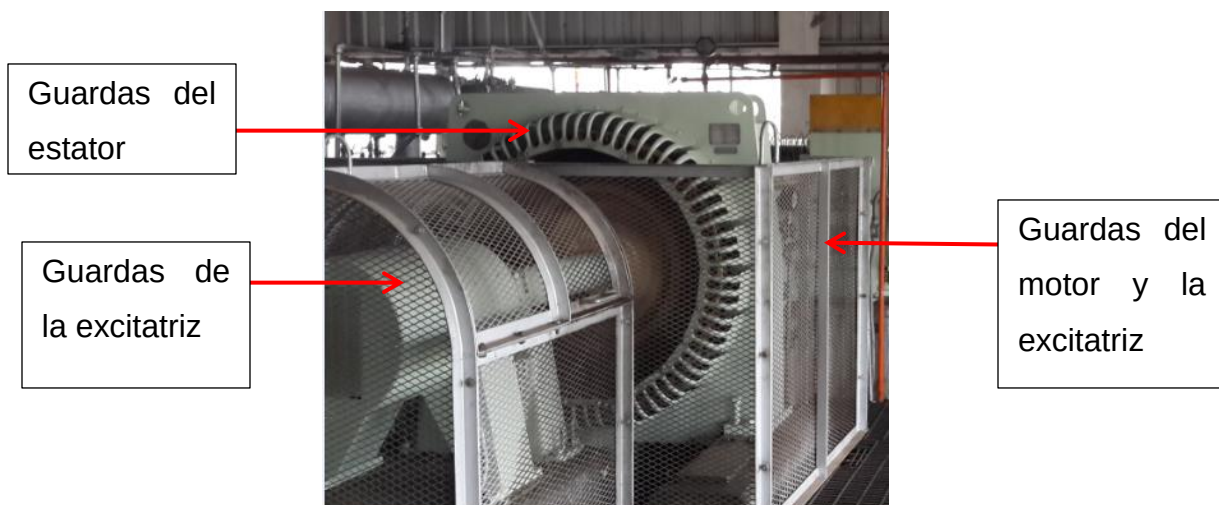


Figura 43. Guardas del motor y la excitatriz

	45.4 Desconecte el estator y la excitatriz con personal del grupo eléctrico calificado				
	45.5 Retire todas las guardas de la excitatriz y el estator.				
SI = √	PLAN 46 Desplazamiento del estator	MEC	P	M	Golpes y machucones
	46.1 Verifique el centrado del rotor con el estator, esto se debe realizar con calibrador de luces, registre la medidas en el formato de calibración				
	46.2 Desancle el estator para proceder a correrlo, asegure el número de calzas de cada una de las patas, y consígnelo en el formato de calibraciones				
	46.3 Limpie y verifique la platina por donde se desliza el estator.				
	46.4 Utilizando dos eslingas sujete el estator al puente grúa para realizar el movimiento del estator lo más seguro posible				
	46.5 Instale dos gatos de 10 ton por 12" de largo en la parte posterior del estator e inicie el deslizamiento con la ayuda de los mismos. Ver figura 18.				

PRECAUCIÓN: En el momento del movimiento estar atentos a no estrellar el estator contra el rotor					
--	--	--	--	--	--

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

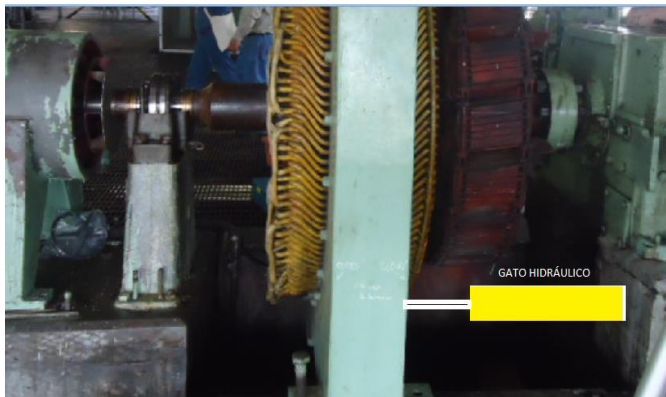


Figura 44. Estator

	46.6 Accione los gatos al mismo tiempo, llevando el movimiento controlado con un flexómetro, deslizando el estator hasta que el rotor quede completamente libre.				
SI = √	PLAN 47 Retiro de la excitatriz	ELC	P	M	Golpes y machucones
	47.1 Verifique el centrado de la excitatriz con respecto al rotor, con la ayuda de un calibrador de luces.				
	47.2 Asegure la posición de las calzas y el espesor de las mismas, y regístrelo en el formato de calibraciones. Ver figura 19				
PRECAUCIÓN: Al momento de empezar a usar los tornillos extractores tener cuidado de no cortar los cables de alimentación de energía					
	47.3 Suelte los dos tornillos que fijan el rotor de la excitatriz al eje. Ver figura 19				
	47.4 Con dos espárragos de ½" por 20" todo rosca, retire el estator de la excitatriz. Ver figura 19				
	47.5 Con una eslinga asegure el rotor de la excitatriz, verifique la posición de la cuña. Ver figura 19				
	47.6 Retirar el estator de la excitatriz con la ayuda de una eslinga y el puente grúa. Ver figura 19				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

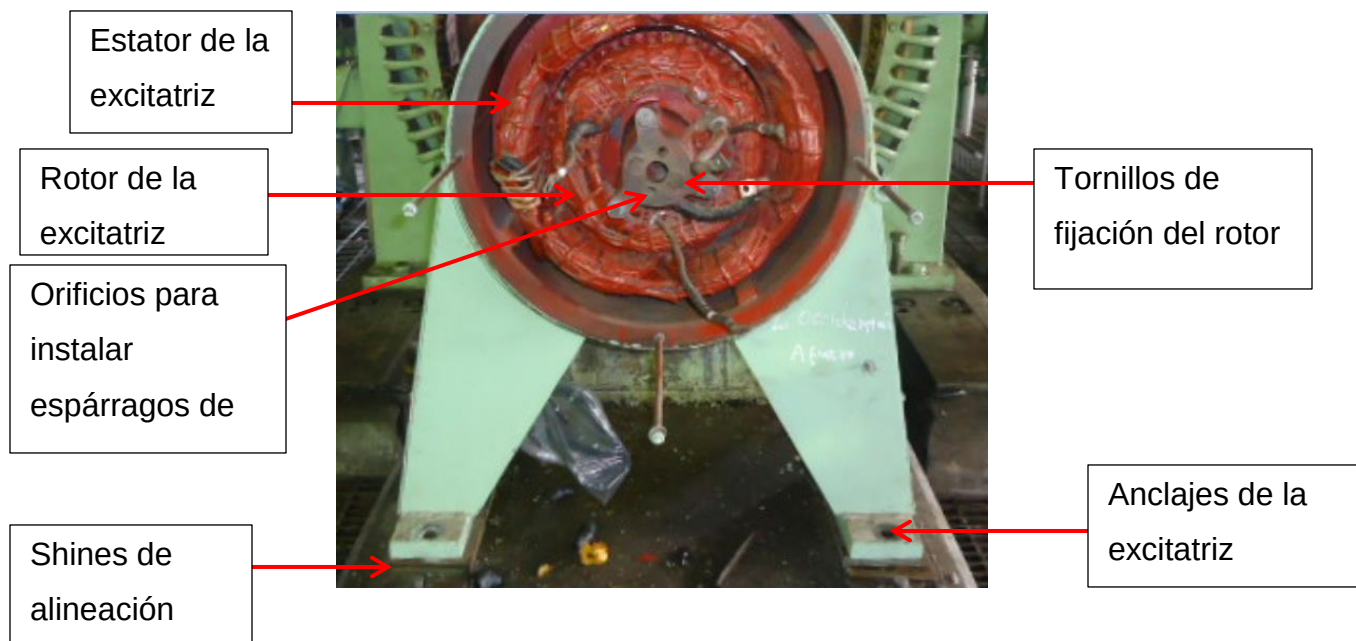


Figura 45. Excitatriz

SI = √	PLAN 48 Retiro del pillowblock del motor	MEC	P	M	Golpes y machucones
	48.1 Fabrique un soporte para mantener centrado el rotor del motor, y poder realizar ajustes finos. Ver figura 20				

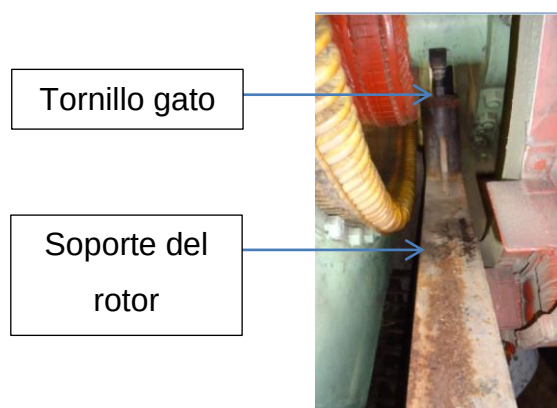


Figura 46. Soporte del rotor

	48.2 Suelte la tapa superior del rodamiento
	48.3 Verifique la posición del rodamiento dentro de la caja del rodamiento

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	48.4 Suelte la tuerca que fija el manguito del rodamiento
	48.5 Instale un indicador de caratula, y suba el rotor 0.010" con ayuda del soporte
	48.6 Suelte los anclajes del pillowblock
	48.7 Retire la caja de rodamientos
	48.8 Retire el rodamiento
	48.9 Suelte la base del pillowblock
	Nota : Al momento de desanclar tenga en cuenta el número de calzas y el espesor de las baquelitas tanto de la caja como de los anclajes

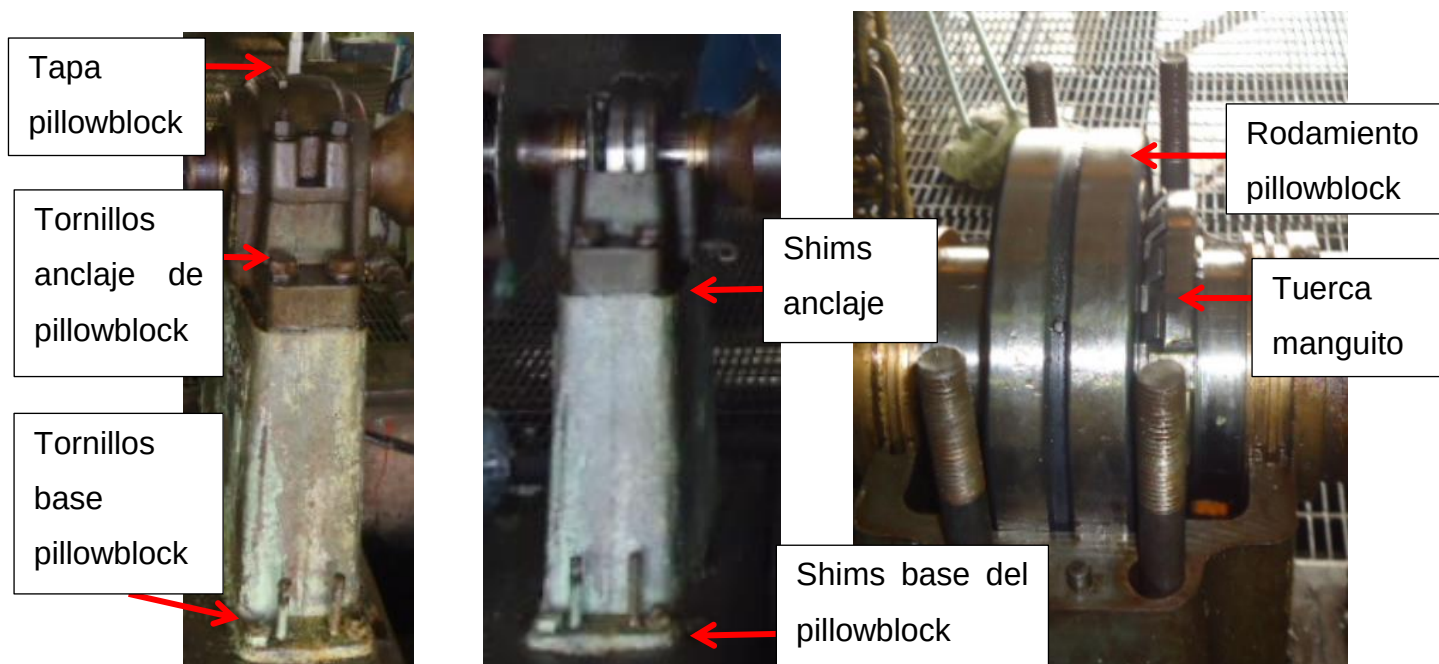


Figura 47. Pillowblock

SI = √	PLAN 49 Retiro del estator	MEC	P	M	Golpes y machucones
	49.1 Con la ayuda del soporte mantenga centrado el rotor				
	49.2 Ice el estator sujetándolo por la parte superior con el puente grúa como lo muestra la figura 22				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	49.3 Retírelo de su base y colóquelo en un lugar seguro
--	---

PRECAUCIÓN: Al momento de mover el estator tenga cuidado de no partir los cables de conexión que se encuentran en la parte inferior del estator



Figura 48. Desmontaje del estator

SI = √	PLAN 50 Desmontaje del rotor del motor	MEC	P	M	Golpes y machucones
--------	---	-----	---	---	---------------------

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	50.1 Para el desmontaje del rotor utilice las siguientes herramientas: Llave mixta de 3/4", 2 1/8", tornillo de ojo (2) y grillete (2) de 1/2", eslinga (2) de igual longitud y capacidad, Diferencial de 1/2 ton y grillete de 1".
	50.2 Verifique el correcto centrado del rotor con respecto al cigüeñal, con un nivel de precisión
	50.3 Asegure el rotor con dos eslingas a los dos diferenciales (5ton) del puente grúa

PRECAUCIÓN: Asegure el correcto centrado con un nivel de precisión, para evitar deformación de los tornillos de acople con el cigüeñal	
	50.4 Suelte los tornillos del acople entre el rotor y el cigüeñal. Ver figura 23

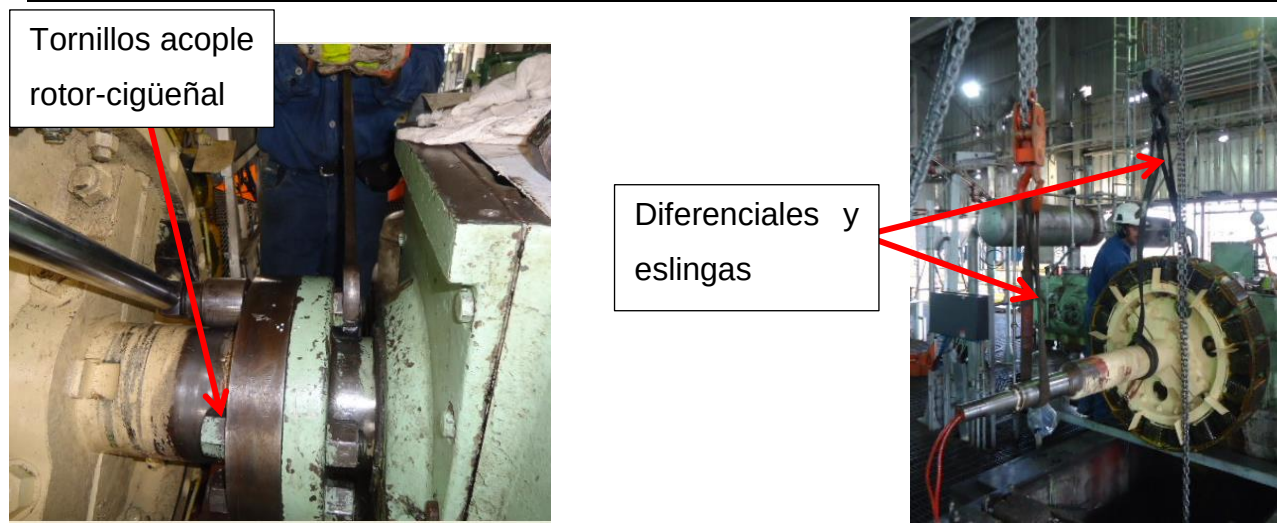
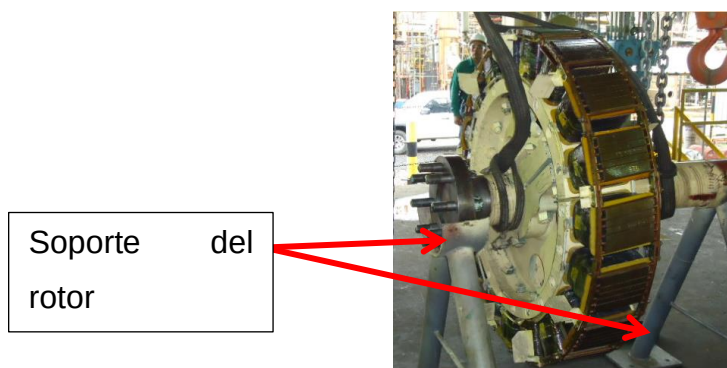


Figura 49. Desmontaje del rotor del motor



	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

Figura 50. Soporte del rotor

	50.5 Ice el rotor y ubíquelo en el soporte para su transporte seguro. Ver figura 24				
SI = √	PLAN 51 Desmontaje del cigüeñal.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	51.1 Utilice las siguientes Herramientas para el desmontaje del cigüeñal: Llave mixta de 3/4", 2 1/8", tornillo de ojo (2) y grillete (2) de 1/2", eslinga (2) de igual longitud y capacidad, Diferencial de 1/2 ton y grillete de 1". Ver figura 25.				
	51.2 Desconecte las entradas y retornos de las líneas de aceite que van a la bomba y al enfriador.				
	51.3 Suelte tornillos de la tapa del sistema de lubricación dejando dos de ellos para soportar mientras se iza.				



Figura 51.

	51.4 Instale tornillos de ojo, grillete y eslinga para izar tapa.				
PRECAUCIÓN: Retire tapa de tal forma que no golpee el filtro de succión de la bomba puede causar daños a los internos.					
SI = √	PLAN 52 Izaje del cigüeñal	MEC	E	M	Golpes y machucones
PRECAUCIÓN: Antes de izar el cigüeñal recubra el muñón de biela número 3 y la zona del cigüeñal libre que queda entre el acople y la bancada 1.					
	52.1 Instale las eslingas en zonas del cigüeñal recubiertas y el diferencial en el puente grúa.				
	52.2 Posicione el puente grúa en el centro de masa del cigüeñal.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

	52.3 Instale la eslinga que está sujeta en el muñón de biela número 3 en el gancho del puente grúa, la otra eslinga instálela en el en gancho del diferencial.
	52.4 Inicie el levantamiento del cigüeñal con el puente grúa lentamente e ir nivelando la carga con el diferencial.
PRECAUCIÓN: Nivele las contrapesas no golpear las bases de las bancadas del frame.	
	52.5 Posicione el cigüeñal y sopórtelo. Ver figura 26.



Figura 52. Posicionamiento del cigüeñal.

**** Fin de Procedimiento ****

5. CONTINGENCIAS

- Si al ejecutar este Instructivo, en la actividad se presenta una situación fuera del alcance del trabajo planeado, notifique al supervisor ó jefe inmediato para revalorar el trabajo e implementar controles a los cambios del alcance.
- Si se identifica alguna acción de mejora en la ejecución de este instructivo documéntelo en las observaciones de la lista de chequeo.

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 12" 4HHE-VB-3-2 SC-2201/02		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 10/10/2014	Versión: 01

RELACIÓN DE VERSIONES

Documento Anterior			
Versión	Fecha	Antiguo Código y Título	Cambios
1	10/10/2014		Creación del Documento.
Documento Nuevo			
Versión	Fecha	Cambios	
Para mayor información sobre este documento dirigirse a quien lo elaboró, en nombre de la dependencia responsable:			
Elaboró: Jhon Jairo Fuentes Santamaría – Jhon Fredy Camelo González			
Teléfono: 48607 - 49919			
Buzón: Jhon.fuentes@ecopetrol.com.co - Jhon.camelo@ecopetrol.com.co			
Dependencia: Departamento de Mantenimiento-PPQ			
Revisó		Aprobó	
Elber Fernando Ruiz Rueda		Andrés Iván Cuellar Molina	
Ingeniero coordinación de equipo rotativo		Jefe Departamento de Mantenimiento	

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	2
2. GLOSARIO	2
3. CONDICIONES GENERALES	2
4. DESARROLLO	6
5. CONTINGENCIAS.....	34

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

1. OBJETIVO

Describir una secuencia correcta y segura para la revisión y/o reparación del compresor SC 2201/02 de la planta Polietileno I de la GRB.

2. GLOSARIO

Lainas: Láminas de acero milimétricas calibradas y recortadas, para ajustes de alineación vertical.

Cárter del cigüeñal: Parte del cárter, que es estructural con el bloque, y que está en contacto directo con el mismo, y más concretamente con el conjunto cilindros - cigüeñal. A esta pieza se une el bloque de los cilindros, y lleva integrados los cojinetes de bancada o apoyos del cigüeñal, que son de acero integrados en el aluminio, sobre los que gira el cigüeñal, que queda sujeto más rígidamente.

Reloj comparador: Es un instrumento de medición de dimensiones que se utiliza para comprar cotas mediante medición indirecta del desplazamiento de una punta de contacto.

Run-out: (traducción al español) Recorrido circular externo.

3. CONDICIONES GENERALES

Frecuencia de revisión y de ciclo de trabajo	• Cada 3 años o antes si lo requiere • 36 meses
---	--

Valoración RAM	• M (Personas).
-----------------------	---

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

Peligros y Precauciones de Seguridad

- Presencia de sustancias químicas o Compuestos Volátiles Orgánicos (VOC's), utilizar protección Respiratoria, Mascara media cara con protección respiratoria.
- Golpes, Machucones y/o atrapamientos por mal uso de herramientas o mal estado de las mismas, verifique el estado de las herramientas antes de usarlas.
- Caída de objetos por mal aseguramiento. Asegure de Amarrar las Herramientas de mano evitando caídas de las mismas ocasionando daños o lecciones personales a otras personas.
- Fatiga corporal. Aplicar los principios de higiene Corporal y Ergonomía para la realización de las tareas. Aplicación de Pausas Activas.
- Perdida de disponibilidad del equipo. Asegure la aplicación de la lista de chequeo, evitando reprocesos y pérdidas de tiempo.

Precauciones Ambientales:

- Evite derrame de productos químicos al medio ambiente (lubricantes, agentes limpiadores, etc.)
- Disponga adecuadamente de los residuos o desechos Producto de la labor de mantenimiento en los sitios estipulados para tal fin.
- Los sellos de aceite, deben ser drenados de forma adecuada en el área de descontaminación, utilice recipientes para la recolección de material líquido y haga disposición de los mismos según procedimientos del área operativa o taller.

Referencias:

- COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 3HHE 3-2 SC-2203/04. Manual del compresor (archivo técnico de mecánica de la GRB).
- API 618 (reciprocating compressors for petroleum, chemical and gas industry service).
- PMA-PMA-F-048L INSTRUCTIVO MANEJO DEL EQUIPO DE OXICOMBUSTIBLE.
- PMA-PMA-I-375 INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO SEGURO DE LLAVES DE TORQUE

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

**Equipo Personal de
Protección:**

- Protección Respiratoria: Mascara media cara con protección respiratoria para vapores orgánicos, gases ácidos y material particulado.
- Protección auditiva: orejera y/o tapón de inserción
- Protección de la cabeza: Casco Tipo B
- Protección ojos y cara: Gafas de seguridad
- Protección de manos: Guantes de Nitrilo y/o vaqueta
- Protección del cuerpo: Braga o pantalón y camisa en dril, detector de H₂S (pulsar).

**Recursos
Materiales**

- Eslingas y/o estrobos certificadas y en buen estado de acuerdo al plan izaje.
- Diferencial de carga de 1 Ton.
- Grilletes de acuerdo a plan de izaje 1/2" y 3/4".
- Cáncamos/ (tornillos de ojo) de 1/2" 5/8"
- Volvedor cuadrante de 1"
- Pistola neumática cuadrante de 1/2" y manguera para aire certificada.
- Caja de herramientas estándar de mecánico.
- Comparador de caratulas para tomas de juego axial y run out.
- Deflexometro
- Copas de 1 7/16", 1 1/2", 1 5/8", 2", 2 1/8"
- Llave de golpe de 3-3/8"
- Maseta de bronce de 15 lbs.
- Protector de roscas
- Banco de trabajo
- Base magnética
- (2) Dos Palpadores análogos rango 10mm
- Puente grúa capacidad 10 toneladas.
- Llave electrohidráulica (Enerpac)
- Extractor de bulón
- Extractor de patín principal
- Extractor de patín auxiliar
- Soportes barras móviles y barras fijas

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

Recursos Humanos	• (4) Cuatro Mantenedores de superficie Mecánicos con competencias comprobadas. • (2) Dos Instrumentistas con competencias comprobadas. • (4) Cuatro metalmecánicos con competencias comprobadas. • (2) Dos eléctricos con competencias comprobadas. • (2) Dos personas de labor
Rango de Aplicación	• Paro/arranque programados en planta • Equipos aplica este instructivo • Compresores reciprocantes SC 2203/04
Diagramas y Planos	• COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 3HHE 3-2 SC-2203/04. Manual del compresor anexos planos, (archivo técnico de mecánica de la GRB).
Equipos o Sistemas Conectados	• Barraje de alimentación • Casilla eléctrica • Motor eléctrico
Descripción Básica del Sistema	• La finalidad del área de compresión de la planta polietileno I, es comprimir el Etileno de carga proveniente de la planta de Etileno (200 psig); hasta la presión requerida para que se efectúe la reacción de polimerización (3000 psig); ésta operación se realiza en tres pasos: baja, media y alta presión.
Requisitos o Precondiciones	• El operador y el mantenedor realizaron el permiso de trabajo de acuerdo formato de análisis de riesgos DHS-F-150. • El operador aplicó el SAS. • El electricista aplico el SAES. • El operador encargado del equipo verifico ausencia de vapores orgánicos en el área de trabajo donde va a realizar la actividad de reparación del equipo. • Los metalmecánicos cegaron las líneas del equipo. • El mecánico definió el alcance del trabajo. • El operador diligenció el protocolo de entrega de custodia a mantenimiento. • El mantenedor de limpieza limpió y descontaminó el equipo • El mecánico limpió y descontaminó el área de trabajo.

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

4. DESARROLLO

TAREAS		PELIGROS			Consecuencias
CHECKLIST		QUIEN	TIPO	RAM	
SI = √	PLAN 53 Aseguramiento de la limpieza del cárter, cilindros y extensiones	MEC	P	M	Reprocesos, posturas inadecuadas y/o caídas
	NOTA: Esta limpieza se debe realizar con lanillas que no suelten mota y que sean bastante absorbentes				
	53.1 Retire filtro de aceite del cárter el cual se encuentra ubicado en la parte posterior del cárter. Como lo muestra la figura 1				

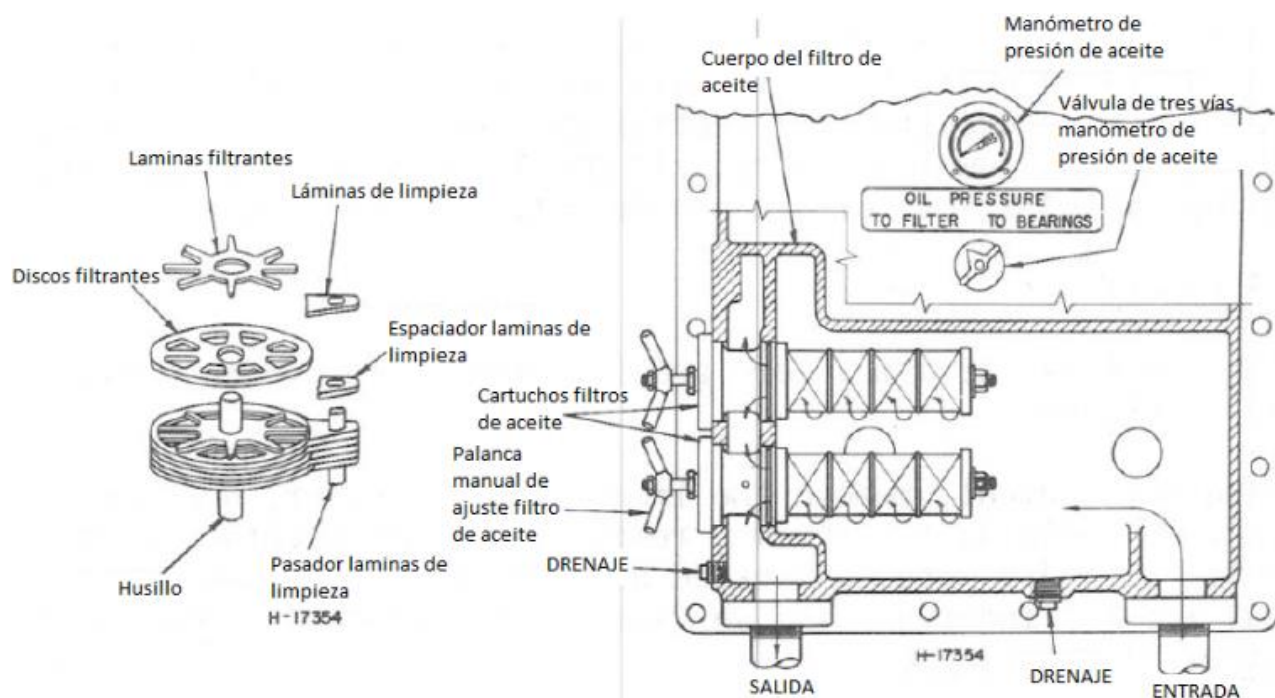


Figura 53. Filtros de aceite

	53.2 Retire la succión de la bomba de lubricación, verifique su posición y que se encuentre limpia
--	--

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	53.3 Sople y verifique el estado de las líneas de aceite internas del cárter. Ver figura 2
--	--

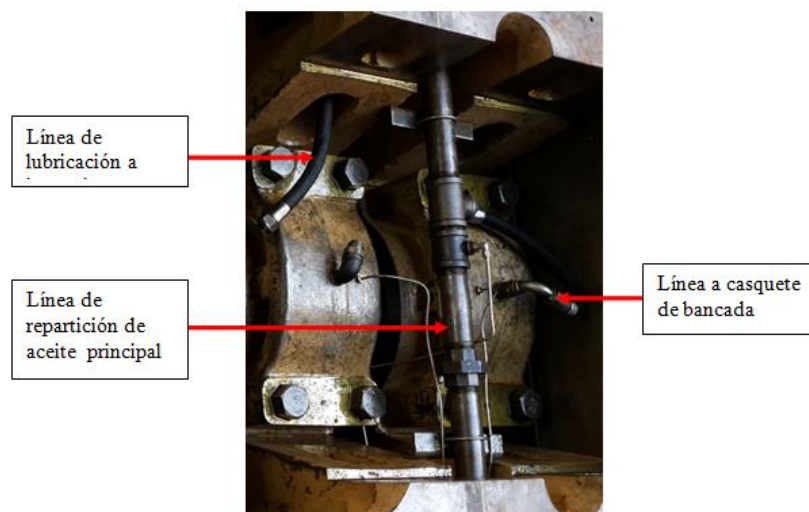


Figura 54.

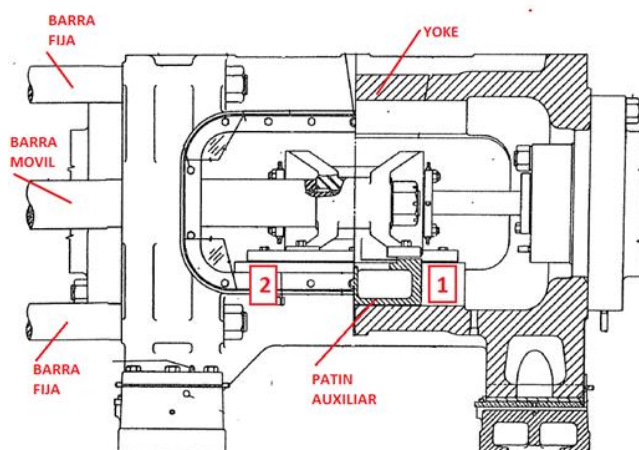
	53.4 Verifique que el área de trabajo esté limpia, libre de obstáculo y en óptimas condiciones para trabajar.				
SI = √	PLAN 54 Instalación de chumaceras planas	MEC	P	M	Golpes, machucones posturas inadecuadas y/o caídas
	54.1 Según los datos consignados en el formato de calibraciones xxx, ubique el número y calibre adecuado de shims				
	54.2 Aplique una capa de grasa inicial a la chumacera verificando que se encuentra limpia y en buen estado				
	54.3 Ubique cada chumacera en su lugar según lo demarcado al desmontar				
	54.4 Con una llave hexagonal de 3/8" ajuste los seis tornillos que ajustan las chumaceras a la base, torquee hasta dar un adecuado ajuste				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01



Figura 55. Chumaceras planas

SI = √	PLAN 55 Montaje del Yoke	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	55.1 Con la ayuda de eslingas y el puente grúa ubique las cuatro barras fijas en su lugar (ver figura 4) según lo demarcado al desmontar, verificando que las mismas se encuentren limpias y libres de daños y abolladuras				
	55.2 Apoye las barras fijas al suelo y entre ellas misma de tal manera que queden fijas y centradas sin posibilidad de caer				
	55.3 Ice el Yoke con la ayuda de eslingas y le puente grúa y cuidadosamente ubíquelo en su sitio (ver figura 4) evitando golpes contra las barras fijas				
	55.4 Ajuste los doce tornillos que ajustan el Yoke al bastidor del compresor				
	55.5 Ajuste las ocho tuercas que unen el Yoke y las barras fijas				
	55.6 Torquee hasta un valor de 95 Lb-ft				



	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

Figura 56.

SI = √	PLAN 56 Medición de la holgura de la base del Yoke	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	56.1 Utilice calibrador de lana para medir la holgura A y B existente entre el soporte y el Yoke según figura 5.				
	56.2 Regístrelos en el formato de calibraciones.				
	56.3 Realice ajuste a la tolerancia A, instalando retirando shims debajo de la platina guía. Realice ajustes a la tolerancia B moviendo lateralmente la guía.				

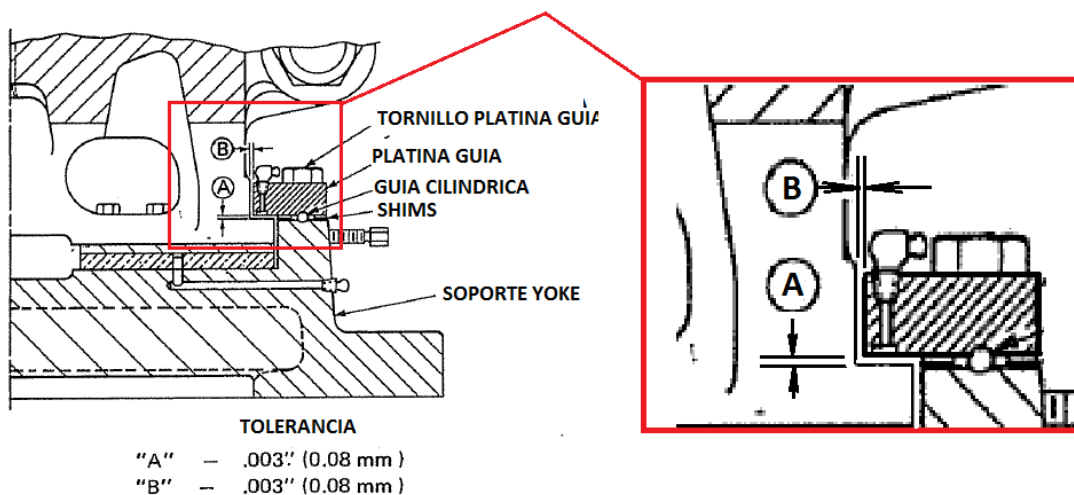


Figura 57.

SI = √	PLAN 57 Montaje cojinetes bancada	de del	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	57.1 Limpie e inspeccione todas las partes de los cojinetes de bancada en busca de daños y abolladuras, verifique que los conductos de lubricación no se encuentran obstruidos					
	57.2 Ubique los shims de las cuñas de lubricación de las bases de las bancadas según lo consignado en el formato de calibraciones y lo demarcado al desmontar.					
	57.3 Ubique los casquetes en sus posiciones según lo demarcado al desmontar.					

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	NOTA: Los casquetes tienen un acabado ranurado que permiten la distribución uniforme del aceite durante la operación no raspe ni realice ningún desgaste de los mismos.
	57.4 Realice el crush según el procedimiento (ver figura 6) para todos los cojinetes de bancada

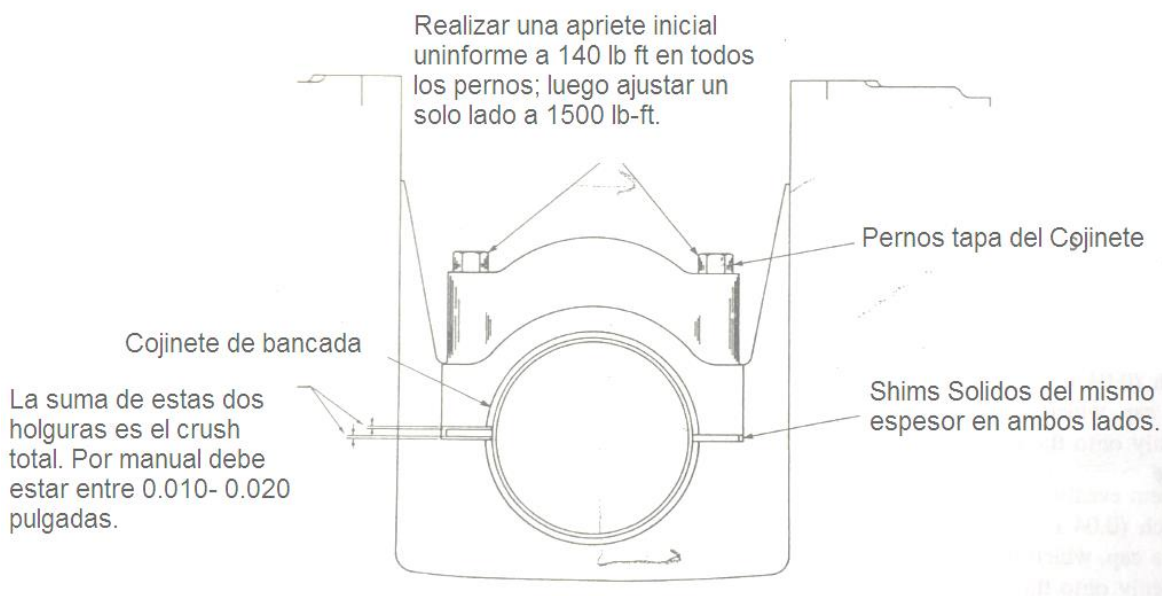


Figura 58.

	NOTA: Shims sólidos especiales deben ser usados para chequear el crush. Estas cuñas sólidas pueden ser fabricadas en lámina cold rolled de espesor ¼ a 3/8 de pulgada y con una variación máxima de del espesor de 0.0005 pulgadas en cada cuña; deben cubrir la misma área que las cuñas de laminado estándar. Para fabricar estas cuñas se debe tomar el espesor de shims estándar ajustados para obtener las holguras radiales en los cojinetes
	Procedimiento para medir el crush 57.5 Instale los shims sólidos entre el soporte en el cárter y la tapa del cojinete. Los shims se extienden entre la parte superior e inferior del cojinete.
	57.6 Inserte los pernos de la tapa del cojinete y torquéelos todos a 140 lb-ft.
	57.7 Luego torquee a uno de los lados al valor de trabajo que es de 1500 lb-ft.
	57.8 Realizar la medida del crush como se indica en la figura. Si el valor no está dentro de los límites definidos se debe remplazar las partes. Total crush 0.010-0.020 pulg.

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	57.9 Después de verificado el total crush es necesario remover los shims sólidos. Instale los shims estándar laminados, ajustar los shims si es necesario para obtener las holguras correctas y completar el ensamble del cojinete.
	<i>NOTA: Antes de torqupear todas las bancadas verifique la holgura de la cuña de lubricación</i>
	57.10 Torquee a 1500 Lb-ft cada uno de los tornillos de los cojinetes de bancada
	57.11 Verifique con un calibrador de luces la holgura final entre el casquete y el cigüeñal la cual debe estar entre 0.012"-0.015" de holgura.
	57.12 calibre la holgura de la cuña de lubricación la cual debe estar entre 0.0015"-0.006". Ver figura 7

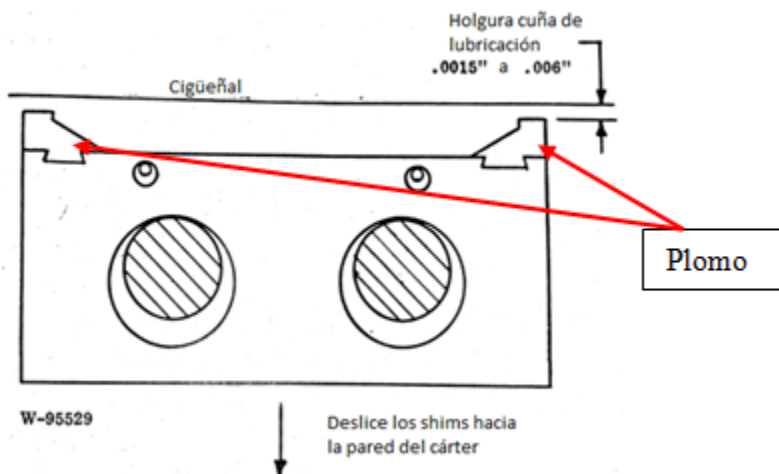


Figura 59. Cuña de lubricación

	57.13 Instale los shims con los tornillos y los pines guía
	57.14 Verifique que los shims queden recostados contra la pared del cárter
	57.15 Con un calibrador de luces verifique la holgura.
	57.16 Lime el plomo de la cuña de lubricación hasta obtener la holgura requerida

PRECAUCIÓN:

Cuando lime el plomo hágalo sobre una superficie plana y retirada del cárter, evitando caída de partículas dentro del cárter

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	57.17 Repita los pasos 5.4 a 5.16 para todas las bancadas
	57.18 Utilice una llave de cadena en la parte del acople para girar el cigüeñal y verificar que no existen roces ni ruidos anormales
	57.19 Verifique el juego axial del cigüeñal, con un indicador de caratula, el cual debe estar entre 0.020" y 0.029". ver figura 8

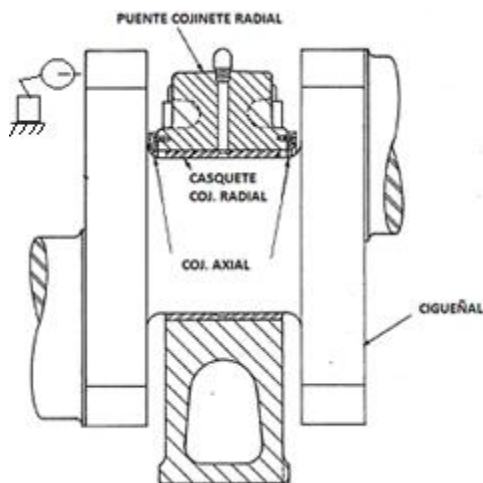


Figura 60. Toma de juego axial del cigüeñal

SI = √	PLAN 58 Instalación de líneas de lubricación a casquetes de bancada	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	58.1 Verifique estado de conectores y roscas, mangueras y tubbings				
	58.2 Conecte líneas de lubricación a la bancada. Ver figura 9				
	58.3 Realice los pasos 6.1 y 6.2 para todos los cojinetes de bancada				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

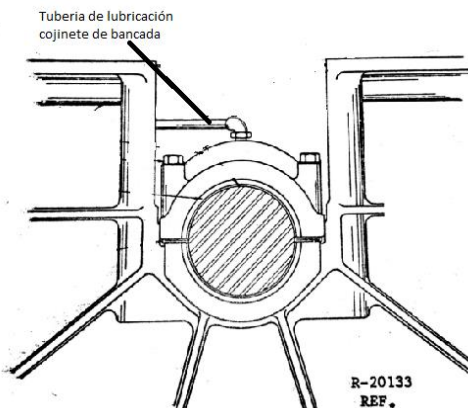


Figura 61. Tubería de lubricación cojinetes de bancada

SI = $\sqrt{\quad}$	PLAN 59 Instalación de tie rods	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	<i>NOTA: Para realizar esta actividad es necesario: caja de interiores y micrómetro xx</i>				
	59.1 Verifique el estado de los tie rods y las roscas de los tornillos				
	59.2 Observe el orificio donde ajusta el tie rods en el cárter verificando que no tenga rebabas ni abolladuras. Ver figura 10				
	59.3 Instale cada tie rods en su posición, adicione felpo o un lubricante para hacer más fácil su instalación				
	<i>NOTA: Los tie rods entran a su posición con un ajuste de 0.005" aproximadamente, generalmente los datos de calibración se encuentran plasmados en el cárter</i>				
	59.4 Use una copa de xx para dar el ajuste recomendado a los tie rods, apriete y calibre consecutivamente hasta obtener la elongación recomendada por el fabricante de 0.006" a 0.008", se recomienda no exceder un torque de 3750 Lbs-ft				

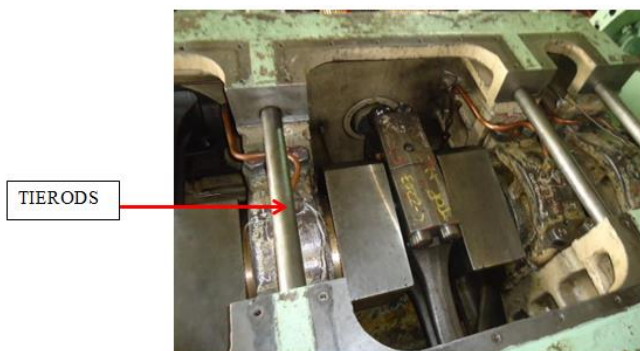


Figura 62. Tie rods

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	NOTA: Garantizar que los tie rods queden alineados con el cárter, para evitar fugas de aceite y/o que las tapas del cárter no ajusten				
SI = √	PLAN 60 Montaje de bielas	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	60.1 Realice una inspección visual de cada una de las bielas, verificando que no tenga golpes, abolladuras, desgastes excesivos y quemaduras				
	60.2 Envié la biela a Máquinas y Herramientas, para chequear la línea de la biela				
	60.3 Calibre la holgura del ojo de la biela con el bulón verificando una holgura de entre 0.014" y 0.017", consigne el dato en el formato de calibraciones				
	60.4 Verifique que los orificios de lubricación de la biela estén completamente destapados y limpios, ver figura 11.				

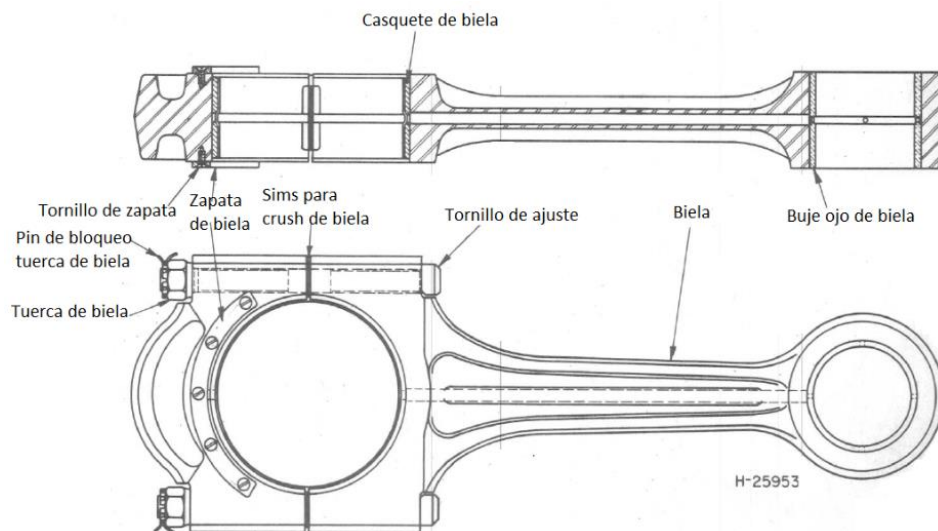


Figura 63. Biela de compresor

	60.5 Realice la calibración del crush según el procedimiento mostrado en la figura 12.
--	--

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

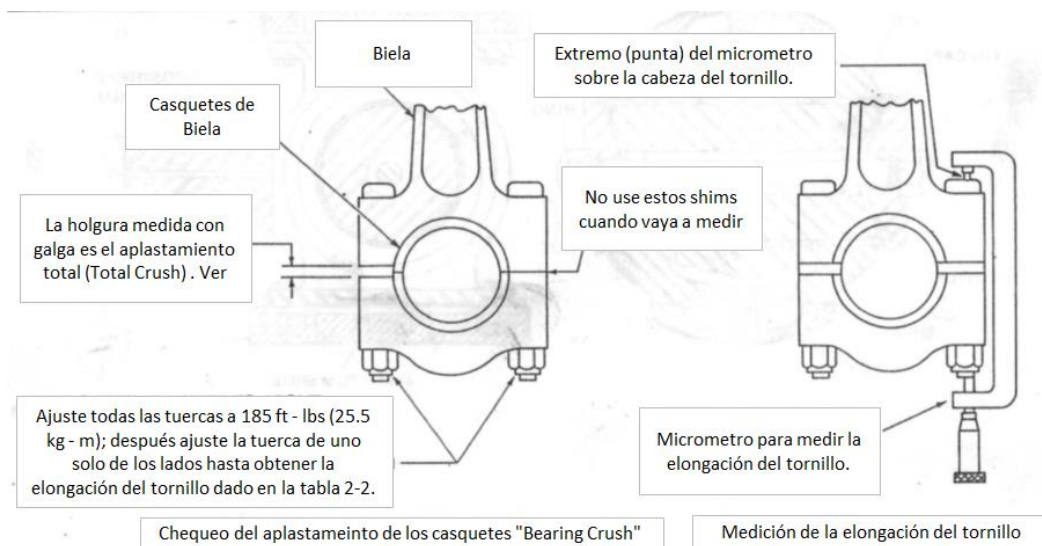


Figura 64. Calibración del crush de biela

	60.6 Consigne los datos de calibración en el formato de calibraciones
	60.7 Arme la biela con la cuñas de lubricación
	60.8 Torquee cada biela hasta obtener entre 0.028" a 0.030" de elongación en los espárragos
	60.9 Marque la posición para el pinado de la tuercas de la biela, esto facilita el pinado en campo
	60.10 calibre el diámetro interno y de la holgura con el cigüeñal agregando o quitando el mismo número shims a lado y lado
	60.11 calibre la holgura de la cuña de lubricación la cual debe estar entre 0.0015"-0.006". Ver figura 13
	60.12 Instale los shims con los tornillos y los pines guía
	60.13 Verifique que los shims queden recostados contra la pared del cárter
	60.14 Con un calibrador de luces verifique la holgura.
	60.15 Lime el plomo de la cuña de lubricación hasta obtener la holgura requerida

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

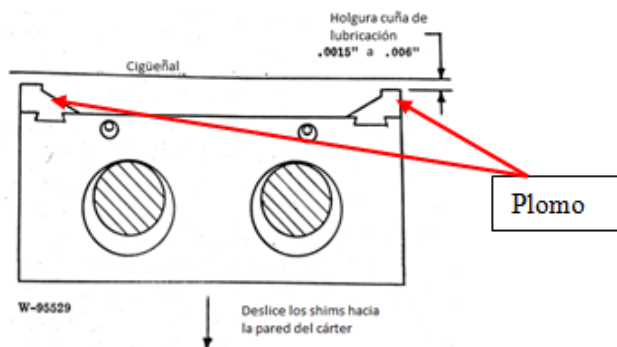


Figura 65. Cuna de lubricación biela – cigüeñal

PRECAUCIÓN: Cuando lime el plomo hágalo sobre una superficie plana y retirada del cárter, evitando caída de partículas dentro del cárter						
	60.16 Ajuste y pine las bielas en el cigüeñal					
	60.17 Realice los pasos 8.1 al 8.16 para todas las bielas del compresor					
PRECAUCIÓN: Al terminar de instalar la biela apoye el ojo de biela en un bloque de madera sobre la cuna para evitar que la biela raye o golpee la cuna						
SI = √	PLAN 61 Instalación sello de lubricación del cigüeñal	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso	
	61.1 Limpie e inspeccione todas las partes del sello en busca de daños y abolladuras					
	61.2 Ubique y ajuste el tornillo de la media luna interior. Ver figura 14					
	61.3 Ubique y ajuste el tornillo de la media luna exterior. Ver figura 14					
	61.4 Ajuste los tornillos que sostienen el plato del bafle. Ver figura 14					
	61.5 Ubique la tapa lateral en su lugar y ajuste los tornillos que la sujetan al cárter. Ver figura 14					

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

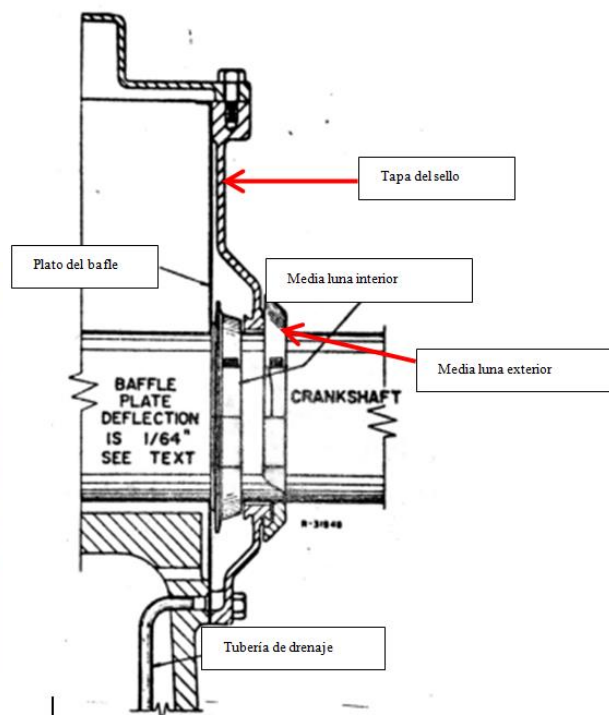


Figura 66. Sello de lubricación del aceite

SI = √	PLAN 62 Instalación del cuerpo del patín principal	MEC	P	M	Golpes y machucones
	62.1 Limpie y lubrique la cuna y todas las partes del patín principal, verifique que se encuentren libre de daños y abolladuras				
	62.2 Con la ayuda del puente grúa, eslingas y la herramienta especial (ver figura 15) ubique el cuerpo del patín principal y ubíquelo en un su lugar sobre la cuna. Ver figura 16.				



Figura 67. Herramienta para la extracción del cuerpo del patín principal



INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04

MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

CODIGO
PMA-PMA-I-519

Elaborado
25/10/2014

Versión:
01

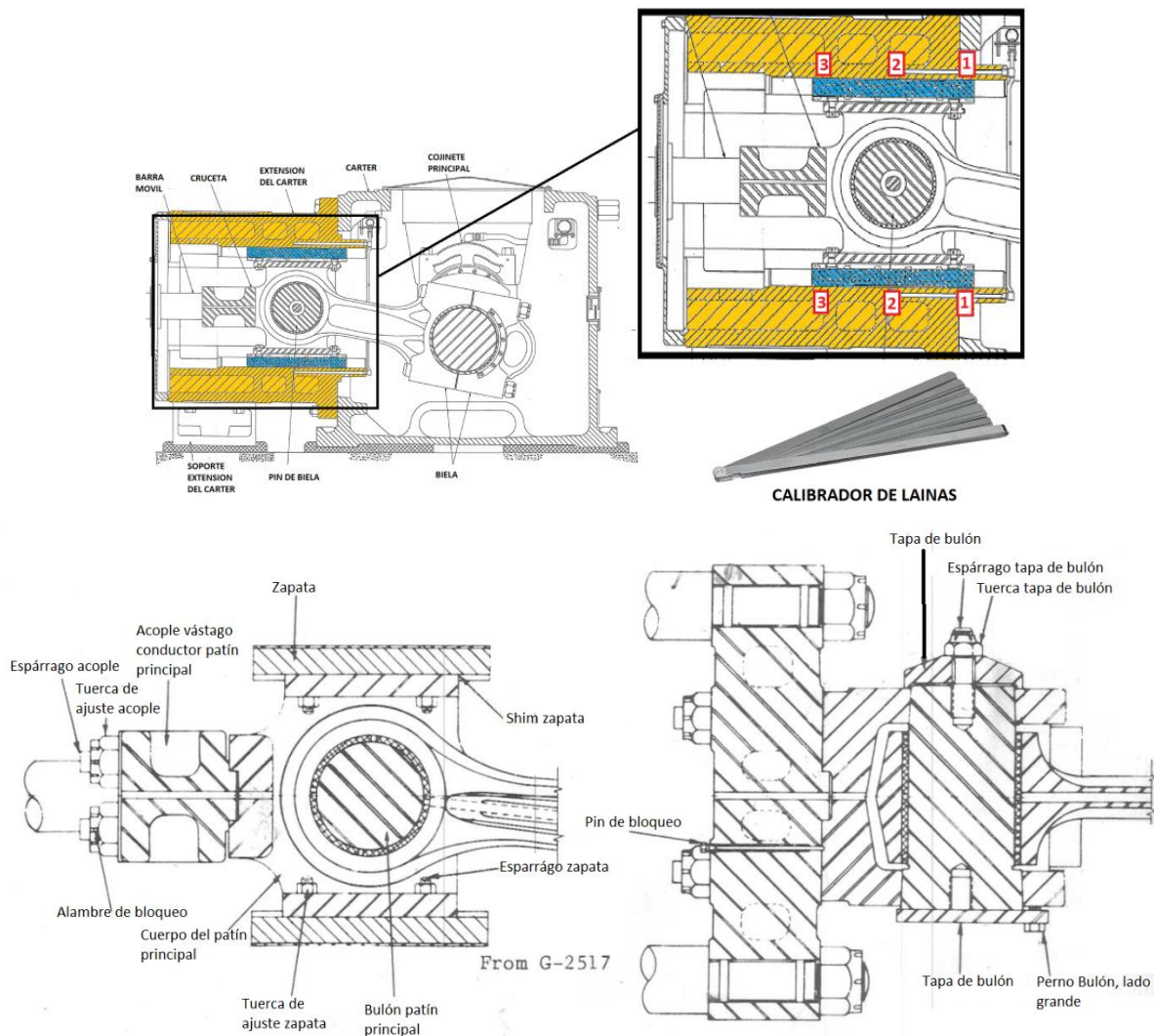


Figura 68. patín principal

	62.3 Ubique el cuerpo del patín principal en una posición segura sobre la cuna, para evitar que este caiga.
	62.4 Instale la zapata superior en el patín principal y ajuste los cuatros tornillos que la sujetan
	62.5 Instale la herramienta para el centrado de patines (ver figura 17) en la brida de acople del vástago de pistón del patín principal, y con la ayuda de un calibrador de

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	interiores o un reloj comparador revise el centrado del mismo respecto a la cuna
--	--



Figura 69. Centrado de patín

	62.6 Ajuste verticalmente el centrado del patín removiendo shims de un lado y agregándolos al otro, generalmente estos shims tienen un espesor calibrado de 0.003".				
	62.7 Entorche un alambre entre los cuatro tornillos para evitar su giro				
	62.8 Realice los pasos 10.1 a 10.7 para la otra etapa				
SI = √	PLAN 63 Instalación del yugo del patín principal	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	63.1 Limpie y lubrique la cuna y todas las partes del yugo del patín principal, verifique que se encuentren libre de daños y abolladuras				
	63.2 Deslice el patín hacia el punto muerto inferior				
	63.3 Acople el yugo en la herramienta especial (ver figura 19) con la ayuda de eslingas y el puente grúa				



INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04

MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

CODIGO
PMA-PMA-I-519

Elaborado
25/10/2014

Versión:
01

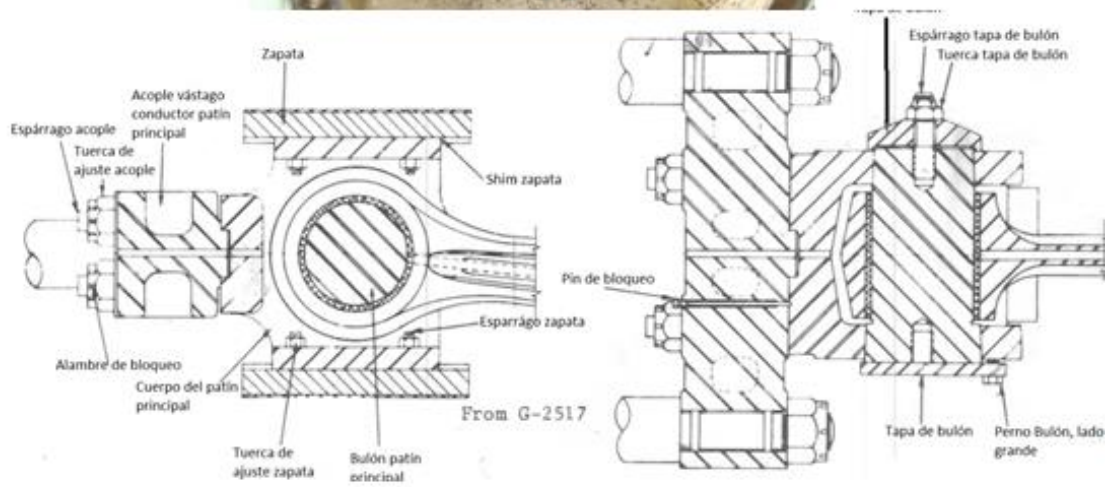


Figura 70. Yugo del patín principal



	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

Figura 71. Herramienta para la extracción del yugo del patín principal

	63.4 Centre la herramienta con un diferencial de 1 ½ ton con sus respectivos grilletes
	63.5 Ubique el yugo en su posición por la parte lateral de la extensión. Ver figura 20



Figura 72. Lugar por donde se inserta el yugo

	63.6 Instale y ajuste los cuatro pasadores que ajustan el yugo al cuerpo del patín principal				
	63.7 Con una copa de 11/16", ajuste el pin de bloqueo hasta llevarlos a una elongación de 0.031" a 0.033" sin superar un torque de 3900 Lb-ft				
	NOTA: Verifique que el pin de bloqueo no se encuentra torcido, y céntrelo correctamente a las hora de ajustarlo				
	63.8 Dé un ajuste suave a la dos tuercas y a los dos espárragos inferiores que ajustan las barras móviles al yugo (Instale las tuercas según lo demarcado al desmontar)				
	63.9 Desacople la herramienta especial de los espárragos superiores del yugo				
	63.10 Instale las dos tuercas faltantes que ajustan el yugo y torquee las cuatro tuercas hasta un valor de xx Lb-ft				
	63.11 Ajuste los cuatro pasadores				
	63.12 Realice los pasos 11.1 a 11.10 para la otra etapa				
SI = √	PLAN 64 Ubicación de la zapata del patín auxiliar	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso

Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	64.1 Limpie, lubrique e inspeccione la zapata en busca de daños y abolladuras
	64.2 Ajuste las platinas laterales de la cuna de la zapata del patín auxiliar con las respectivas shims según lo demarcado y consignado en el formato de calibraciones al desmontar.
	64.3 Instale la platina con tornillo de ojo (ver figura 21) en la zapata del patín auxiliar, ubique la herramienta especial en el tornillo de ojo, y con la ayuda de eslingas y el puente grúa lleve la zapata hasta su posición de trabajo (ver figura 22)

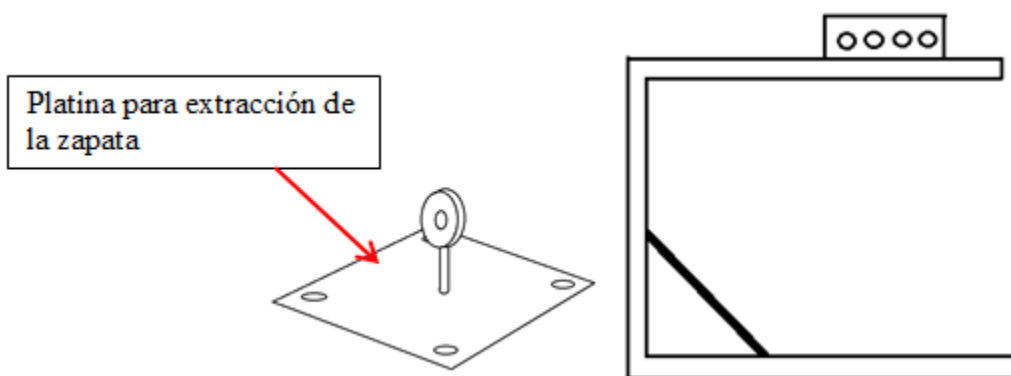


Figura 73. Herramienta y platina para la instalación de la zapata del patín auxiliar

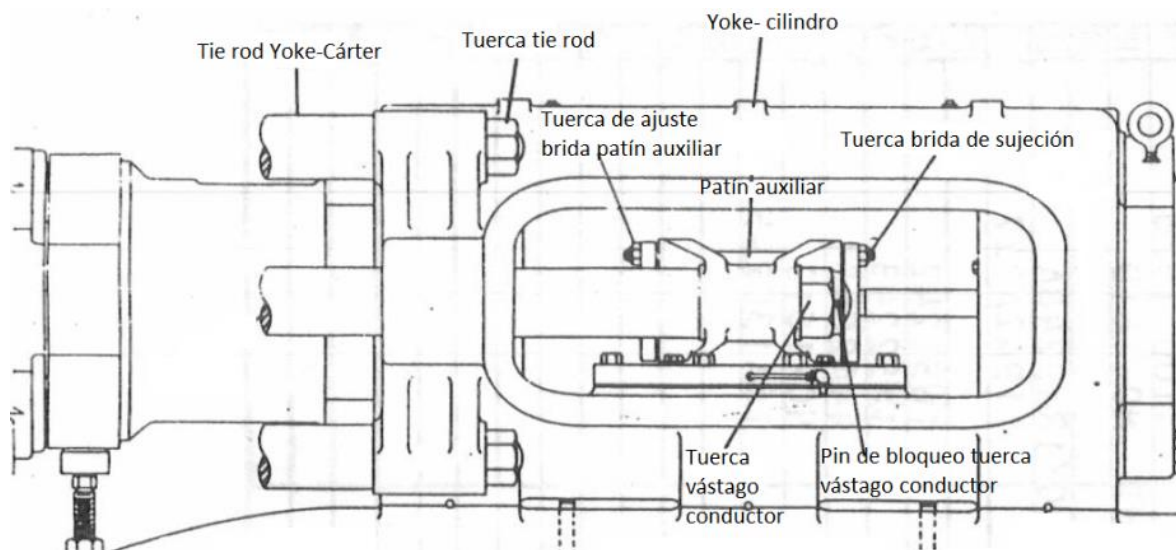


Figura 74. Posición de trabajo del patín auxiliar

	64.4 Ubique la zapata en la cuna o guía de deslizamiento
--	--

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	64.5 Retire la herramienta especial y desatornille la platina de la zapata				
	64.6 Realice los pasos 12.1 a 12.5 para la otra etapa				
SI = √	PLAN 65 Instalación del patín auxiliar	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	65.1 Ubique el número y calibre de las shims entre la zapata y el patín auxiliar según lo demarcado y consignado en el formato de calibraciones al desmontar				
	65.2 Ancle la herramienta especial (ver figura 23) al yugo del patín auxiliar ajustándola con dos tornillos de las bridas de los vástagos a lado y lado del patín				



Figura 75. Herramienta para la instalación del yugo del patín auxiliar

	65.3 Con la ayuda de eslingas y el puente grúa lleve y ubique el yugo en su posición sobre la zapata e instale y ajuste los tornillos que unen la zapata al yugo guiándose por lo demarcado al desmontar				
	65.4 Retire la herramienta especial				
	65.5 Deslice el patín hasta el extremo correspondiente al punto muerto inferior del cilindro				
	65.6 Con un calibrador de linternas mida la holgura en tres puntos entre la zapata y la cuna verificando que esta se encuentre en un rango de 0.012" a 0.015"				
SI = √	PLAN 66 Instalación de barras móviles	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	66.1 Ubique los patines tanto auxiliar como principal adecuadamente para la instalación de las barras móviles.				
	66.2 Con la ayuda de grilletes y el puente grúa sujete las barras móviles y llévelas hasta su posición de trabajo (ver figura 24),				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01



Figura 76.

	66.3 Instale los soportes entre barras (ver figura 24), que para sujetar las barras móviles a las fijas para facilitar su ajuste y centrado
	66.4 Ajuste las tuercas que anclan las barras a cada patín verificando constantemente, con la ayuda de un nivel de precisión, el nivel de las mismas
	66.5 Para la unión de las barras con el patín auxiliar torquee hasta lograr una elongación entre 0.012" a 0.014" sin superar un valor de torque de 6400 lb-ft
	66.6 Para la unión de las barras con el patín principal torquee hasta lograr una elongación entre 0.0xx" a 0.0xx" sin superar un valor de torque de xxx lb-ft
	66.7 Coloque los pines anti-giro de las tuercas que anclan las barras a los patines (ver figura 25)



Figura 77.

	66.8 Realice los pasos 13.1 a 13.5 para la otra etapa				
SI = √	PLAN 67 Centrado del patín auxiliar	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	67.1 Instale la herramienta para el centrado del patín (ver figura 26) en una de las bridas de los vástagos, y verifique el centrado usando un micrómetro de interiores o un comparador de carátula
	67.2 Corrija el centrado removiendo o agregando shims a las platinas de la guía del patín auxiliar



Figura 78. Centrado del patín auxiliar

SI = √	PLAN 68 Instalación del bulón de biela	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	68.1 Limpie, lubrique e inspeccione el bulón en busca de daños, rayones o abolladuras				
PRECAUCIÓN: Manipule con cuidado la biela, si se permite que esta caiga y choque contra la cuna del patín esta se puede averiar					
	68.2 Con un micrómetro de interiores mida el diámetro del ojo de biela, y con uno de exteriores mida el diámetro del bulón, verifique que la diferencia entre estas medidas este en el rango de 0.014" a 0.017"				
	68.3 Centre la biela respecto al patín principal con la ayuda de bloques de madera				
	68.4 Instale el bulón en la herramienta especial (ver figura 27) y con la ayuda de grilletes y el puente grúa llévelo hasta su posición de trabajo				
	68.5 Inserte el bulón en el patín y el ojo de biela				
	68.6 Ubique la tapa del bulón del lado pequeño (ver figura 27) y ajuste el esparrago de la misma llevándolo hasta un torque de xx lb-ft				
	68.7 Instale la tapa del lado mayor y ajuste los tornillos que la sujetan al patín principal llevándolos hasta un torque de xx lb-ft				



INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04

MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

CODIGO
PMA-PMA-I-519

Elaborado
25/10/2014

Versión:
01

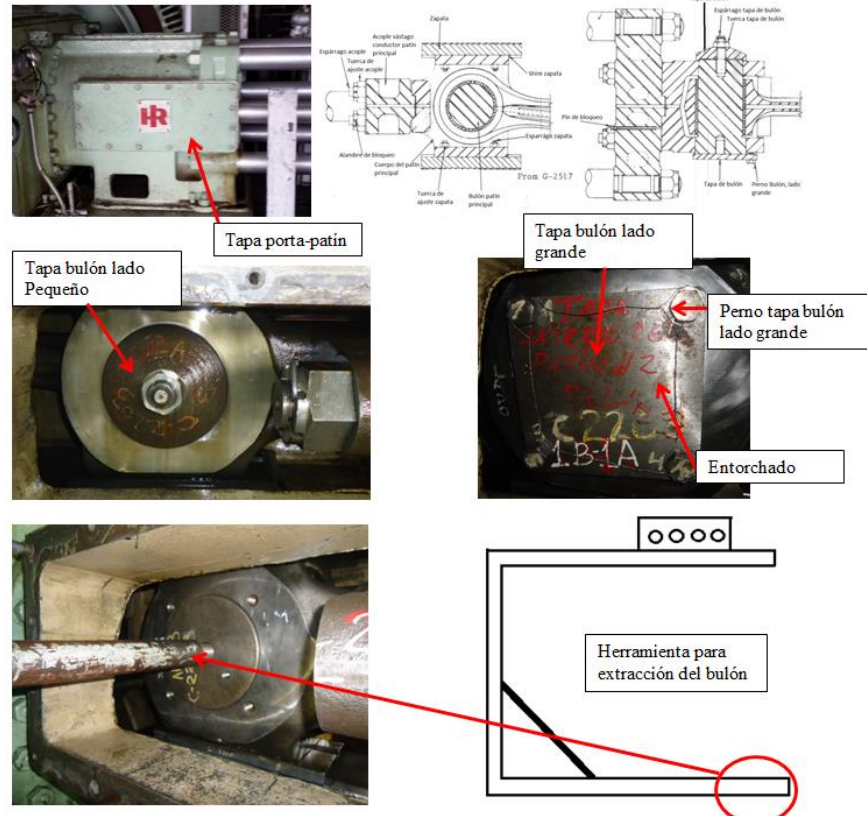


Figura 79. Montaje del bulón de biela

	68.8 Con la ayuda de una llave o copa de 1/8", instale las tapas laterales del porta-patín principal				
SI = √	PLAN 69 Medición de las holguras del patín auxiliar vs Yoke	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	69.1 Gire el compresor utilizando el cilindro neumático, de tal forma que el patín auxiliar quede ubicado en la mitad de su recorrido en el Yoke.				
	69.2 Utilice un calibrador de laines para tomar las medidas radiales entre la parte cóncava del Yoke (cuna) y el cojinete del patín auxiliar. Ver Figura 28				



INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04

MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

CODIGO
PMA-PMA-I-519

Elaborado
25/10/2014

Versión:
01

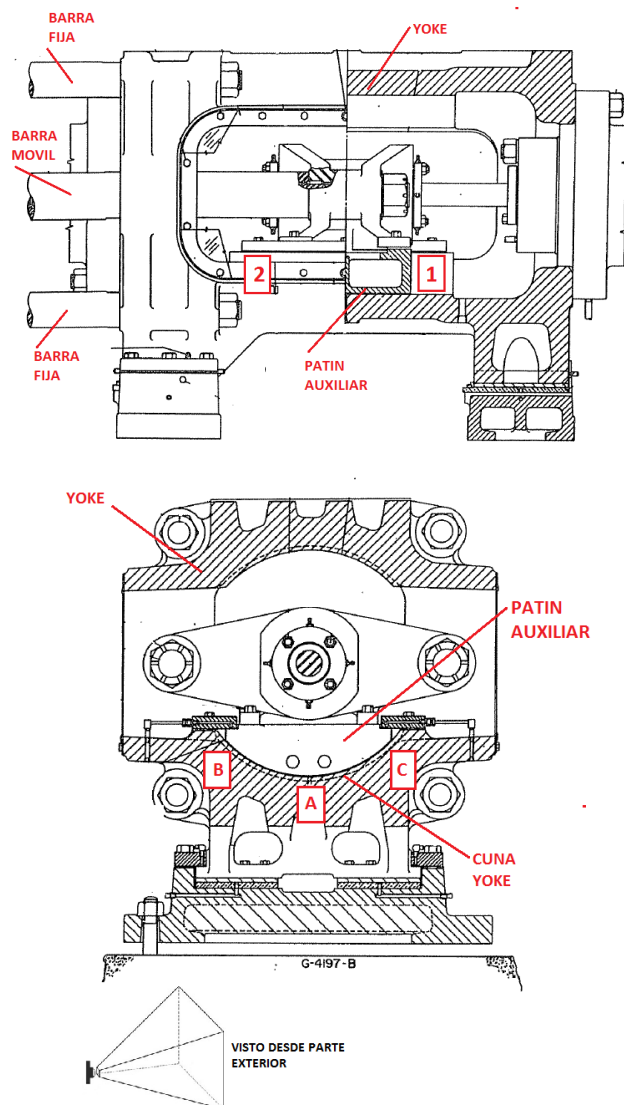


Figura 80. Medición de holgura del patín auxiliar

	69.3 Tome los datos de holgura para el área de contacto entre el cojinete y la cuna en la posición 1 (lado cárter), 2 (lado externo) en la posiciones A (inferior) /B/C como se registran en el formato de calibración.
	<i>NOTA: La holgura recomendada por el fabricante es de 0.0015 pulg.</i>
	69.4 Utilice un calibrador de lana para medir la tolerancia entre el cojinete del patín auxiliar y la platina guía solidaria al Yoke.
	69.5 Tome el dato de holgura vertical (D) y horizontal (E).Ver figura 29. Regístrelo en el formato de calibración. según las posiciones referenciadas en la figura 29

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

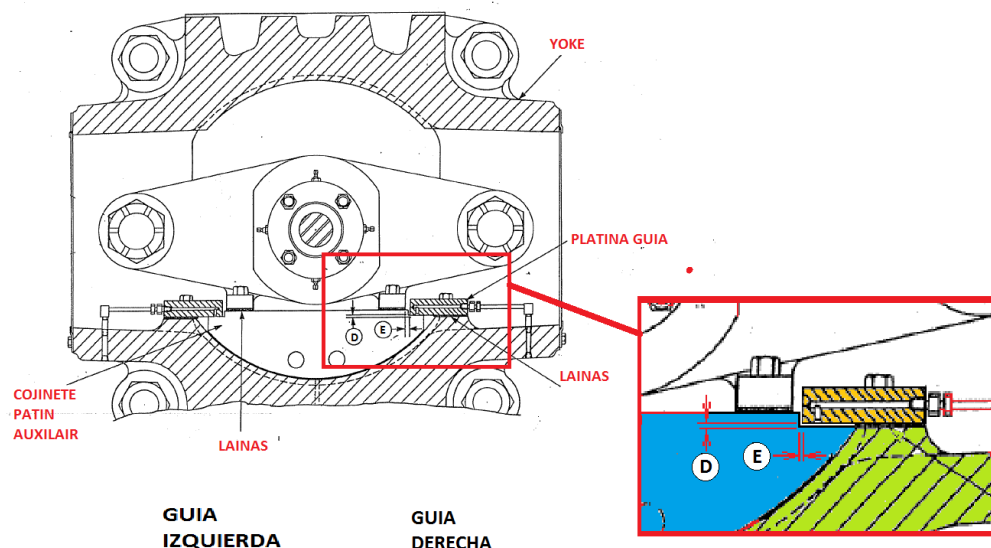


Figura 81. Holgura del cojinete del patín auxiliar vs guía lateral

<i>NOTA: La holgura recomendada por el fabricante es de: Holgura D (horizontal) = 0.30 a 0.38 mm (0.012 a 0.015 pulgadas), Holgura E (vertical) = 3.22 mm (0.125 pulgadas)</i>
--

SI = √	PLAN 70 Montaje del rotor del motor	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	70.1 Para el montaje del rotor utilice las siguientes herramientas: Llave mixta de 3/4", 2 1/8", tornillo de ojo (2) y grillete (2) de 1/2", eslinga (2) de igual longitud y capacidad, Diferencial de 1/2 ton y grillete de 1".				
	70.2 Ice el rotor y ubíquelo en su zona de instalación				
	70.3 Ubique un soporte (el mismo del desmontaje) en el lado del pillokbloc y otro soporte en la parte del acople con el cigüeñal para soportar el rotor y facilitar su centrado				
	70.4 Centre y nivele el rotor manipulando los tornillos gato de los soportes				
	70.5 Verifique el centrado del rotor respecto al cigüeñal con la ayuda de un comparador de caratulas				
	70.6 De un ajuste inicial a la tornillería del acople en forma de estrella				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	70.7 Ajuste cuidadosamente el rotor con las eslingas y vaya retirando los soportes verificando todo el tiempo el nivel y el centrado del rotor
--	--



Figura 82. Montaje rotor

SI = √	PLAN 71 Montaje del estator del motor	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
--------	--	-----	---	---	--

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	71.1 Para el montaje del rotor utilice las siguientes herramientas: Llave mixta de 3/4", 2 1/8", tornillo de ojo (2) y grillete (2) de 1/2", eslinga (2) de igual longitud y capacidad, Diferencial de 1/2 ton y grillete de 1".
	71.2 Ice y ubique cuidadosamente el estator hasta una posición cercana al rotor, y posteriormente llévelo hasta las guías de soporte del mismo sin posicionarlo sobre el embobinado del rotor, ver figura 31 y 32
	71.3 Con la ayuda de dos gatos hidráulicos de 10 ton por 12" de largo ubicados a lado y lado de la parte inferior del estator, y apoyados de la base del pillokbblock, posicione paralelamente el estator con el rotor, midiendo con un flexómetro la distancia entre los mismo a lado y lado y en varios puntos.



Figura 83. Montaje del estator

	71.4 Inserte el número de calzas de cada una de las patas, según los datos consignadas en el formato de calibraciones
	71.5 Ajuste el estator a su base

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

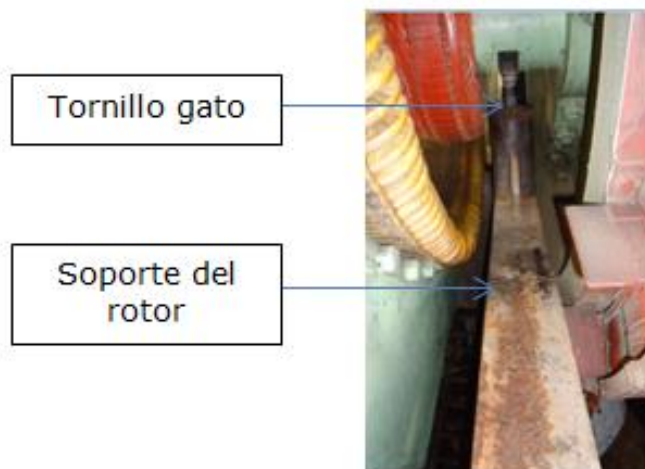
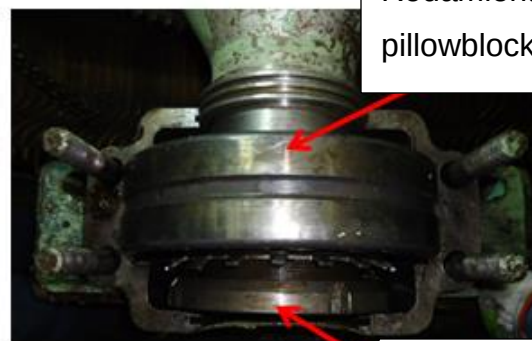
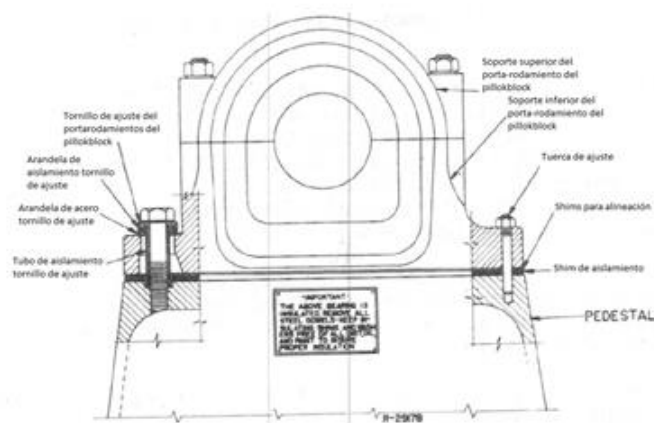


Figura 84. Soporte del rotor

SI = √	PLAN 72 Montaje del pillokbloc	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	72.1 Limpie e inspeccione todas las partes del pillokbloc en busca de abolladuras o golpes				
	72.2 Verifique el centrado y nivel del rotor según los datos consignados en el formato de calibraciones, corrija manipulando el tornillo gato del soporte				
	72.3 Ajuste la base del pillokbloc colocando el número de shims que se consignaron en el formato de calibraciones en el desmontaje				
	72.4 Ubique el rodamiento en el muñón del rotor				
	72.5 Ubique la caja de rodamientos				
	72.6 Ajuste los anclajes del pillokbloc y torquee a xx				
	72.7 Con un indicador de caratula verifique el centrado del rotor				
	72.8 Ajuste la tuerca que fija el manguito del rodamiento				
	72.9 Ajuste la tapa superior del rodamiento				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01



Rodamiento pillowblock

Tuerca de ajuste rodamiento



Figura 85. Montaje del pillowblock

SI = $\sqrt{\quad}$	PLAN 73 Ubicación final del estator	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	73.1 Limpie y verifique la platina por donde se desliza el estator.				
	73.2 Con los gatos hidráulicos de 10 toneladas por 12" de largo, deslice el estator uniformemente a través del rotor, cuidando que se conserve el paralelismo en todo momento, y llévelo hasta su posición final.				
	73.3 Según los datos tomados en el formato de calibraciones al desmontar, inserte las shims de centrado en la base del estator y proceda a ajustar las tuercas.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

	73.4 Verifique el centrado del rotor respecto al estator con la ayuda de un nivel de precisión				
SI = √	PLAN 74 Montaje de la excitatriz	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	74.1 Con la ayuda de eslingas y el puente grúa ubique la media luna inferior de la excitatriz en su base				
	74.2 Coloque el número y calibre de shims adecuado en la base de la media luna inferior según lo consignado y demarcado al desmontar				

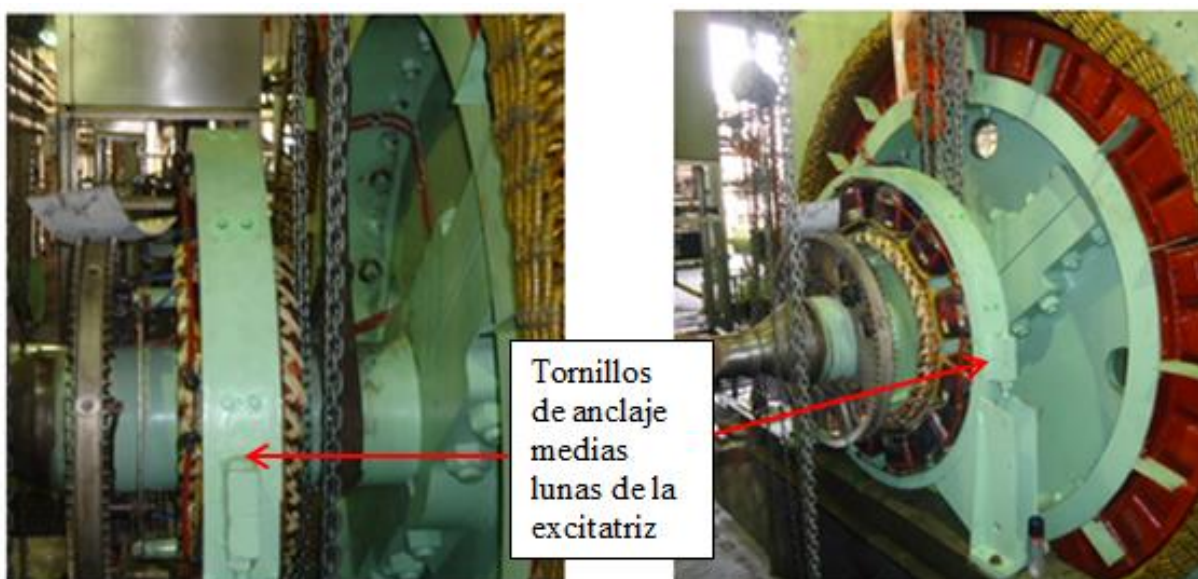


Figura 86. Excitatriz

	74.3 Con la ayuda de eslingas y el puente grúa ubique la media luna superior en su lugar				
	74.4 Coloque y ajuste los tornillos que anclan las dos medias lunas de la excitatriz, verifique en todo momento el centrado del inducido de la excitatriz durante el proceso de ajuste. Ver figura 34				
SI = √	PLAN 75 Montaje de guardas del motor	MEC	P	M	Caídas, atrapamientos, golpes, reproceso
	75.1 Conecte el estator y la excitatriz con el personal del grupo eléctrico calificado				
	75.2 Ubique todas las guardas de la excitatriz y el estator en su posición correcta según las marcas realizadas al desmontar. Ver figura 35				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

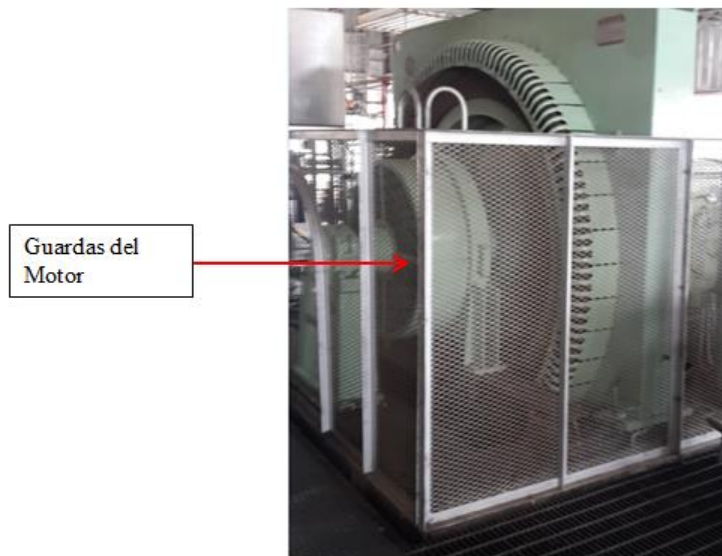


Figura 87. Guardas del motor

75.3 Ajuste con una llave de 15/16", copa palanca cuadrante 1/2"
** Fin de Procedimiento **

CONTINGENCIAS

- Si al ejecutar este Instructivo, en la actividad se presenta una situación fuera del alcance del trabajo planeado, notifique al supervisor ó jefe inmediato para revalorar el trabajo e implementar controles a los cambios del alcance.
- Si se identifica alguna acción de mejora en la ejecución de este instructivo documéntelo en las observaciones de la lista de chequeo.

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 25/10/2014	Versión: 01

RELACIÓN DE VERSIONES

Documento Anterior			
Versión	Fecha	Antiguo Código y Título	Cambios
1	25/10/2014		Creación del Documento.
Documento Nuevo			
Versión	Fecha	Cambios	
Para mayor información sobre este documento dirigirse a quien lo elaboró, en nombre de la dependencia responsable:			
Elaboró: Jhon Jairo Fuentes Santamaría – Jhon Fredy Camelo González			
Teléfono: 48607 - 49919			
Buzón: Jhon.fuentes@ecopetrol.com.co - Jhon.camelo@ecopetrol.com.co			
Dependencia: Departamento de Mantenimiento-PPQ			
Revisó		Aprobó	
Elber Fernando Ruiz Rueda		Andrés Iván Cuellar Molina	
Ingeniero coordinación de equipo rotativo		Jefe Departamento de Mantenimiento	

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	2
2. GLOSARIO	2
3. CONDICIONES GENERALES	2
4. DESARROLLO	6
5. CONTINGENCIAS	36

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

1. OBJETIVO

Describir una secuencia correcta y segura para la revisión y/o reparación del compresor SC 2201/02 de la planta Polietileno I de la GRB.

2. GLOSARIO

Lainas: Láminas de acero milimétricas calibradas y recortadas, para ajustes de alineación vertical.

Cárter del cigüeñal: Parte del cárter, que es estructural con el bloque, y que está en contacto directo con el mismo, y más concretamente con el conjunto cilindros - cigüeñal. A esta pieza se une el bloque de los cilindros, y lleva integrados los cojinetes de bancada o apoyos del cigüeñal, que son de acero integrados en el aluminio, sobre los que gira el cigüeñal, que queda sujeto más rígidamente.

Reloj comparador: Es un instrumento de medición de dimensiones que se utiliza para comprar cotas mediante medición indirecta del desplazamiento de una punta de contacto.

Run-out: (traducción al español) Recorrido circular externo.

3. CONDICIONES GENERALES

Frecuencia de revisión y de ciclo de trabajo	• Cada 3 años o antes si lo requiere • 36 meses
---	--

Valoración RAM	• M (Personas).
-----------------------	---

Peligros y Precauciones de Seguridad	• Presencia de sustancias químicas o Compuestos Volátiles Orgánicos (VOC's), utilizar protección Respiratoria, Mascara media cara con protección respiratoria. • Golpes, Machucones y/o atrapamientos por mal uso de herramientas o mal estado de las mismas, verifique el estado de las herramientas antes de usarlas. • Caída de objetos por mal aseguramiento. Asegure de Amarrar las Herramientas de mano evitando caídas de las mismas ocasionando daños o lesiones personales a otras personas. • Fatiga corporal. Aplicar los principios de higiene Corporal y Ergonomía para la realización de las tareas. Aplicación de Pausas Activas. • Perdida de disponibilidad del equipo. Asegure la aplicación de la lista de chequeo, evitando reprocesos y pérdidas de tiempo. •
---	--

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

Precauciones Ambientales:

- Evite derrame de productos químicos al medio ambiente (lubricantes, agentes limpiadores, etc.)
- Disponga adecuadamente de los residuos o desechos Producto de la labor de mantenimiento en los sitios estipulados para tal fin.
- Los sellos de aceite, deben ser drenados de forma adecuada en el área de descontaminación, utilice recipientes para la recolección de material líquido y haga disposición de los mismos según procedimientos del área operativa o taller.
-

Referencias:

- COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 3HHE 3-2 SC-2203/04. Manual del compresor (archivo técnico de mecánica de la GRB).
- API 618 (reciprocating compressors for petroleum, chemical and gas industry service).
- PMA-PMA-F-048L INSTRUCTIVO MANEJO DEL EQUIPO DE OXICOMBUSTIBLE.
- PMA-PMA-I-375 INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO SEGURO DE LLAVES DE TORQUE
-

Equipo Personal de Protección:

- Protección Respiratoria: Mascara media cara con protección respiratoria para vapores orgánicos, gases ácidos y material particulado.
- Protección auditiva: orejera y/o tapón de inserción
- Protección de la cabeza: Casco Tipo B
- Protección ojos y cara: Gafas de seguridad
- Protección de manos: Guantes de Nitrilo y/o vaqueta
- Protección del cuerpo: Braga o pantalón y camisa en dril, detector de H₂S (pulsar).

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

Recursos Materiales	• Eslingas y/o estrobos certificadas y en buen estado de acuerdo al plan izaje. • Diferencial de carga de 1 Ton. • Grilletes de acuerdo a plan de izaje ½" y ¾". • Cáncamos/ (tornillos de ojo) de ½" 5/8" • Volvedor cuadrante de 1" • Pistola neumática cuadrante de ½" y manguera para aire certificada. • Caja de herramientas estándar de mecánico. • Comparador de caratulas para tomas de juego axial y run out. • Deflexometro • Copas de 1 7/16", 1 ½", 1 5/8", 2", 2 1/8" • Llave de golpe de 3-3/8" • Maseta de bronce de 15 lbs. • Protector de roscas • Banco de trabajo • Base magnética • (2) Dos Palpadores análogos rango 10mm • Puente grúa capacidad 10 toneladas. • Llave electrohidráulica (Enerpac) • Extractor de bulón • Extractor de patín principal • Extractor de patín auxiliar • Soportes barras móviles y barras fijas
Recursos Humanos	• (4) Cuatro Mantenedores de superficie Mecánicos con competencias comprobadas. • (2) Dos Instrumentistas con competencias comprobadas. • (4) Cuatro metalmecánicos con competencias comprobadas. • (2) Dos eléctricos con competencias comprobadas. • (2) Dos personas de labor
Rango de Aplicación	• Paro/arranque programados en planta • Equipos aplica este instructivo • Compresores reciprocantes SC 2203/04 •

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

Diagramas y Planos	• COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 3HHE 3-2 SC-2203/04. Manual del compresor anexos planos, (archivo técnico de mecánica de la GRB). •
Equipos o Sistemas Conectados	• Barraje de alimentación • Casilla eléctrica • Motor eléctrico
Descripción Básica del Sistema	• La finalidad del área de compresión de la planta polietileno I, es comprimir el Etileno de carga proveniente de la planta de Etileno (200 psig); hasta la presión requerida para que se efectúe la reacción de polimerización (3000 psig); ésta operación se realiza en tres pasos: baja, media y alta presión. •
Requisitos o Precondiciones	• El operador y el mantenedor realizaron el permiso de trabajo de acuerdo formato de análisis de riesgos DHS-F-150. • El operador aplicó el SAS. • El electricista aplico el SAES. • El operador encargado del equipo verifico ausencia de vapores orgánicos en el área de trabajo donde va a realizar la actividad de reparación del equipo. • Los metalmecánicos cegaron las líneas del equipo. • El mecánico definió el alcance del trabajo. • El operador diligenció el protocolo de entrega de custodia a mantenimiento. • El mantenedor de limpieza limpió y descontaminó el equipo • El mecánico limpió y descontaminó el área de trabajo.

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

4. DESARROLLO

TAREAS		PELIGROS			Consecuencias
CHECKLIST		QUIEN	TIPO	RAM	
SI = √	PLAN 76 Verifique las condiciones del área de trabajo.	MEC	P	M	Reprocesos, posturas inadecuadas y/o caídas
	NOTA: Antes de iniciar con el procedimiento presente en este instructivo asegúrese de que los cilindros del compresor se encuentran desmontados.				
	76.1 Verifique que todos los documentos que se requieren para desarrollar la actividad estén diligenciados apropiadamente, tengan las firmas correspondientes y se halla divulgado el panorama de riesgos antes de iniciar el trabajo.				
	76.2 Verifique SAS y SAES de proceso y que el equipo haya sido drenado y despresurizado.				
	76.3 Verificar SAS al sistema auxiliar neumático motriz de la volanta.				
	76.4 Verifique que el área de trabajo esté limpia, libre de obstáculo y en óptimas condiciones para trabajar. Ver figura 1				
	76.5 Verifique que la bomba de lubricación y aceite de glándula se encuentre aislada y tarjetada.				
	76.6 Verifique que las válvulas de venteo estén abiertas para garantizar que el sistema este despresurizado.				
	76.7 Verifique y marque el giro del compresor parado en la parte de la bomba, mirando hacia el motor				
	76.8 Realice pruebas de traslación y carga del puente grúa para verificar su funcionamiento.				
	76.9 Verifique el correcto funcionamiento del gato para girar el compresor durante la reparación				
	76.10 Realice limpieza y mantenimiento a las herramientas especiales almacenadas en el estante metálico de la plataforma.				
	76.11 Verifique el área de trabajo en la Plataforma y la disponibilidad en sitio de 4 canecas de 55 galones vacías para la recolección del aceite del cárter.				
	76.12 Drene completamente el aceite del Carter. Utilice la conexión de 1 ¼" existente en el cárter. Ver figura 1. Recolértelo y dispóngalo según los procedimientos vigentes.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	76.13 Asegure la disponibilidad de estibas y polines de madera para la organización de los componentes desmontados.
--	---



Figura 88. Ubicación del drenaje del cárter

	<i>NOTA: Antes de abrir un compresor o de trabajar en el cilindro éste deberá aislarse del sistema de gas de proceso y se deberá liberar toda la presión. Desconectar el motor y bloquear todo mecanismo de movimiento</i>				
SI = √	PLAN 77 Retire tapas de inspección del cárter y pistones.	MEC	P	M	Golpes, machucones posturas inadecuadas y/ó caídas
	77.1 Asegurar la instalación de una plataforma en andamios de un cuerpo alrededor del cárter con barandas laterales para facilitar movimientos.				
	77.2 Marque cada tapa teniendo en cuenta su posición original.				
	77.3 Suelte los tornillos de las tapas del cárter utilizando copa de ¾", rache o volvedor con cuadrante de ½" y llave mixta de ¾".				
	77.4 Recolecte la tornillería en bolsas y marque la respectiva ubicación.				
	77.5 Utilice cáncamos de ½" de diámetro con eslinga para izar las tapas.				
	77.6 Ubique las tapas en un lugar seguro, encima de estibas de maderas.				
	77.7 Realice limpieza de las tapas. Aplique una película de aceite o desengrasante industrial. Cubra y almacene de forma que se pueda disponer en el montaje.				
	77.8 Verifique los empaques de durable, fabríquelos según muestra y almacénelos para el montaje de las tapas.				
SI = √	PLAN 78 Tome el juego axial del cigüeñal	MEC	P	M	Golpes y machucones
	Nota: Antes de tomar el juego axial verifique que Pillokblock se encuentra suelto				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	78.1 Gire el volante con el actuador neumático, posicionando unas de las contrapesas del cigüeñal en posición vertical hacia arriba para instalar el indicador palpador
	78.2 Instale la base magnética del indicador de caratula en la tapa de bancada más cercana a la contrapesa o en un lugar que registre el movimiento axial del cigüeñal. Ver figura 3
	78.3 Ubique el indicador palpador de tal forma que toque la superficie lateral de la contrapesa y posicione el dial del indicador en cero como punto de referencia.
	78.4 Utilice un gato hidráulico de 10 ton instalado en la bancada de forma que se realice fuerza del lado volante hacia el lado bomba de lubricación y viceversa
	78.5 Realice la medición en dos oportunidades para asegurar la repetitividad del primer dato.
	78.6 Registre la medida arrojada por el dial en el formato de calibraciones

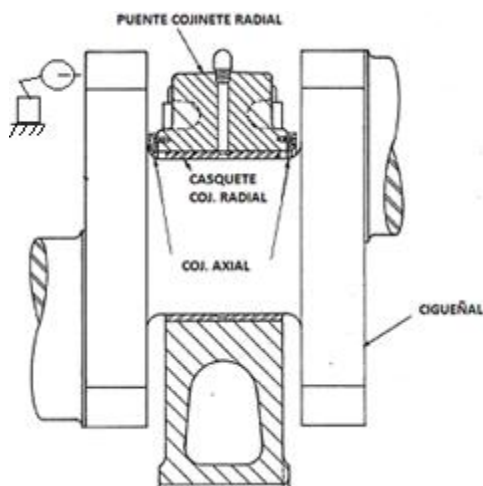


Figura 89. Toma del juego axial del cigüeñal.

	NOTAS: - El juego axial recomendado por el fabricante debe ubicarse en el rango de 0.020" a 0.029" - La medición es factible tomarla con medidor de linaas, <u>pero se recomienda ejecutar el procedimiento como se describe arriba.</u> - Para tomar el desplazamiento axial de este compresor verifique si es de chumacera o de rodamiento, si es de rodamiento suelte el manguito y muévelo				
SI = √	PLAN 79 Toma de la deflexión del cigüeñal	MEC	P	M	Golpes y machucones
	NOTA: La medición de la deflexión se realizar para asegurar el correcto alineamiento				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	<i>del cigüeñal. Se puede tomar en los siguientes estados de la reparación:</i> • <i>Con el Motor acoplado y bielas instaladas (antes de desmontar componentes). Requerido</i> • <i>Con el motor acoplado y bielas desmontadas. Requerido.</i> • <i>Con el Motor acoplado y bielas instaladas (después de montar componentes). Requerido</i>
	Medición de Deflexión con Bielas Instaladas. 79.1 Ubíquese en el cárter en el cran No1 (lado Motor – Tiro 1A-1B)
	79.2 Posicione el Cran No1 en posición horizontal (lado izquierdo visto desde la bomba de lubricación) utilizando el sistema auxiliar neumático instalado en la volanta.
	79.3 Instale un micrómetro de interiores para medir la distancia D en Cran No1, a 10 mm del borde como se registra en la Figura 4. Registre el dato en el formato

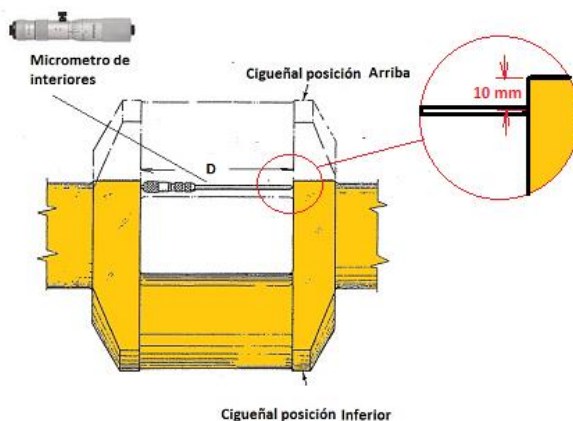


Figura 90. Toma de la deflexión del cigüeñal

	79.4 Retire el micrómetro de interiores.
	79.5 Gire 90° el cigüeñal y ubíquelo en la posición superior. Instale nuevamente el micrómetro de interiores y mida la distancia D. Registre el dato en el formato de calibración. Retire el micrómetro.
	79.6 Gire 90° el cigüeñal y ubíquelo en la posición derecha (visto desde la bomba de lubricación). Instale nuevamente el micrómetro de interiores y mida la distancia D. Registre el dato en el formato de calibración. Retire el micrómetro.
	79.7 Gire 90° el cigüeñal y ubíquelo en la posición Inferior. Instale nuevamente el micrómetro de interiores y mida la distancia D. Registre el dato en el formato de calibración Retire el micrómetro.
	79.8 Se debe repetir la medición para las dos conexiones de bielas siguientes – Cran No2 (Tiro1A 1B) y Cran No3 (Tiro 2A-2B)

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	NOTA: - Las cuatros mediciones <i>D</i> tomadas en las diferentes posiciones no deberán variar en más de 0,03 mm (0,0012 pulg) si se tiene alineado de forma correcta el cigüeñal. <u>No se debe operar el compresor bajo ninguna circunstancia cuando se sobrepasa este valor, debido al alto riesgo de falla del cigüeñal</u>
	Medición de Deflexión con Bielas desmontadas 79.9 Este proceso es idéntico al anterior, tan solo se diferencia en que se realiza con una herramienta diferente, un deflexómetro- Ver figura 5 y 6.
	79.10 Ubíquese en el cárter en el cran No1 (lado Motor – Tiro 1A-1B)
	79.11 Posicione el Cran No1 en posición horizontal (lado izquierdo visto desde la bomba de lubricación) utilizando el sistema auxiliar neumático instalado en la volanta
	79.12 Instale un deflexómetro en el Cran No1, a 10 mm del borde como se registra en la Figura 5.



Figura 91. Instalación de deflexómetro en cigüeñal

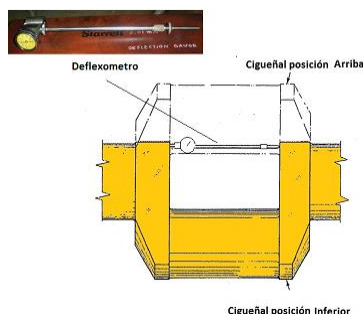


Figura 92. Deflexómetro usado

	79.13 Ajuste el reloj del indicador a (0) cero.
	79.14 Gire 90° el cigüeñal (posición superior), visualice la medida en el reloj indicado y regístrela en el formato de calibración

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	79.15 Gire 90° el cigüeñal (posición lado derecho), visualice la medida en el reloj indicado y regístrela en el formato de calibración				
	79.16 Gire 90° el cigüeñal (Posición lado inferior); visualice la medida en el reloj indicador y regístrela en el formato de calibración				
	79.17 Gire 90° el cigüeñal (posición izquierda) para verificar el regreso del indicador a cero.				
	79.18 Se debe repetir la medición para las dos conexiones de bielas siguientes – Cran No2 (Tiro1A Y 1B) y Cran No3 (Tiro 2A-2B)				
	NOTA: • <i>La deflexión máxima leída en el deflexómetro recomendada por el fabricante es de 0,03 mm (0,0011 pulg)</i> • <u><i>No se debe operar el compresor bajo ninguna circunstancia cuando se sobrepasa este valor, debido al alto riesgo de falla del cigüeñal</i></u>				
SI = √	PLAN 80 Tome juego axial y radial de bielas.	MEC	P	M	Golpes y machucones

PELIGRO: LOS MOVIMIENTOS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN PUEDEN CAUSAR HERIDAS O LESIONES AL PERSONAL EJECUTOR, EVITE MANIPULAR PARTES INERNAS DEL EQUIPO	
---	--

	80.1 Ubíquese en la biela del tiro 1A/1B
	80.2 Mida con calibrador de linternas el juego total existente entre el cojinete axial de la biela y el cigüeñal en ambos lados. Ver figura 6
	80.3 Sume las dos medidas obtenidas en ambos lados y registre este valor como el juego axial de la biela en el formato de calibración
	80.4 Repita los pasos 5.1 al 5.3 para las bielas del tiro 2A y 2B. Registre los valores en el formato de calibración.



	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

Figura 93. Medición del juego axial de biela

	NOTA: - El máximo juego axial permitido por el fabricante para las bielas está en el rango entre 0.41 a 0.71 mm (0.016 a 0.028 pulgadas) - La medición del juego axial de bielas se deberá verificar antes de desmontar las bielas y después del montaje de estas.				
	80.5 Ubique la biela del tiro 1A/1B con el cojinete de bancada instalado.				
	80.6 Mida con micrómetro de interiores de 50 mm de rango, el diámetro interno del cojinete de la biela del tiro 1A/1B.				
	80.7 Mida con micrómetro de exteriores el diámetro externo del muñón del cigüeñal en el tiro 1A/1B.				
	80.8 Tome nota de las lecturas arrojadas y regístrelas en el formato de calibración				
	80.9 Repita los pasos 5.5 al 5.8 para las bielas de los tiros 1A/1B y 2A/2B.				
	NOTA: El máximo juego radial para las bielas recomendado por el fabricante debe estar entre 0.30 a 0.38 mm (0.012 a 0.015 pulgada), medido con micrómetro.				
	80.10 Tome el juego radial utilizando una base magnética y un palpador.				
	80.11 Instale la base magnética en la parte superior de la contrapesa y acerque el palpador del indicador a la parte superior de la biela. Con la biela en posición punto muerto superior.				
	80.12 Instale un tornillo de ojo en la tapa de la biela y con una eslinga y el puente grúa levante con precaución hasta sentir contacto entre la biela y el cigüeñal.				
	80.13 Tome nota de la lectura arrojada y anótelas en el formato de calibraciones.				
	80.14 Repita los pasos 5.10 al 5.13 para las demás bielas.				
SI = √	PLAN 81 Medición de holguras entre el patín principal y la cuna en la pieza distanciadora	MEC	P	M	Golpes y machucones
	NOTA: Para realizar este plan se requiere de un calibrador de laines o luces.				

PELIGRO:
PARA REALIZAR ESTA ACTIVIDAD SE DEBE VERIFICAR QUE AL MOMENTO DE GIRAR EL EQUIPO NO TENGAMOS NINGUNA OBSTRUCCIÓN DE OBJETOS Y TENER SUMO CUIDADO DE QUE

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

NINGÚN MANTENEDOR TENGA SUS MANOS DENTRO DE NINGUNA OTRA ETAPA, ESTO PUEDE CAUSAR DAÑOS A EL EQUIPO O AL PERSONAL	
	81.1 Gire el compresor utilizando el cilindro neumático, de tal forma que el patín principal este ubicado en la mitad de su recorrido para el tiro 1A/1B. 2A/2B
	81.2 Utilice un calibrador de laines para tomar las medidas radiales entre la parte cóncava de la pieza distanciadora (cuna) y el cojinete plano del patín principal. Ver Figura 7.

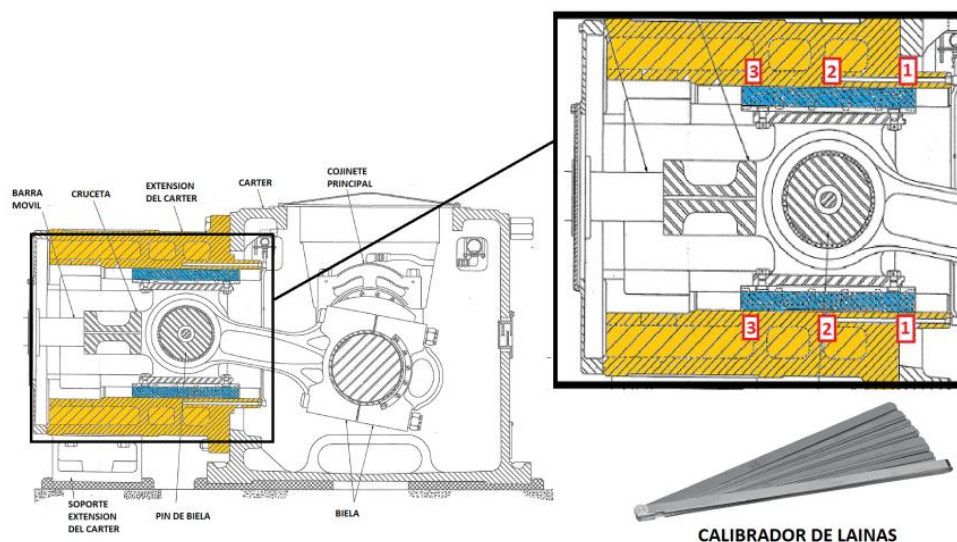


Figura 94. Medición de la holgura del patín principal

	81.3 Tome los datos de holgura para el área de contacto superior e inferior en la posición 1 (lado cárter), 2 (posición central del patín) y 3 (lado cilindro). Registre los valores en el formato de calibración.				
	81.4 Repita los pasos 6.1 a 6.3 para los patines del tiro 2A/2B.				
	NOTA: La holgura recomendada por el fabricante es de 0.71 a 0.99 mm (0.028 a 0.039 pulgadas) en la parte superior del patín				
SI = √	PLAN 82 Medición de las holguras del patín auxiliar vs Yoke	MEC	P	M	Golpes y machucones
	82.1 Gire el compresor utilizando el cilindro neumático, de tal forma que el patín auxiliar quede ubicado en la mitad de su recorrido en el Yoke.				
	82.2 Utilice un calibrador de laines para tomar las medidas radiales entre la parte cóncava del Yoke (cuna) y el cojinete del patín auxiliar. Ver Figura 8				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

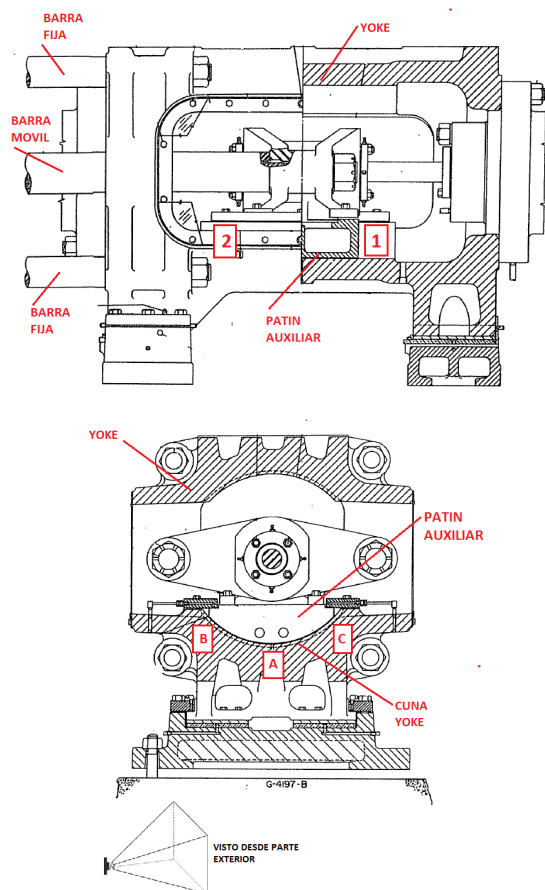


Figura 95. Medición de holgura del patín auxiliar

	82.3 Tome los datos de holgura para el área de contacto entre el cojinete y la cuna en la posición 1 (lado cárter), 2 (lado externo) en la posiciones A (inferior) /B/C como se registran en el formato de calibración.
	<i>NOTA: La holgura recomendada por el fabricante es de 0.0015 pulg.</i>
	82.4 Utilice un calibrador de lana para medir la tolerancia entre el cojinete del patín auxiliar y la platina guía solidaria al Yoke.
	82.5 Tome el dato de holgura vertical (D) y horizontal (E).Ver figura 9. Regístrelo en el formato de calibración. según las posiciones referenciadas en la figura 8 y 9

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

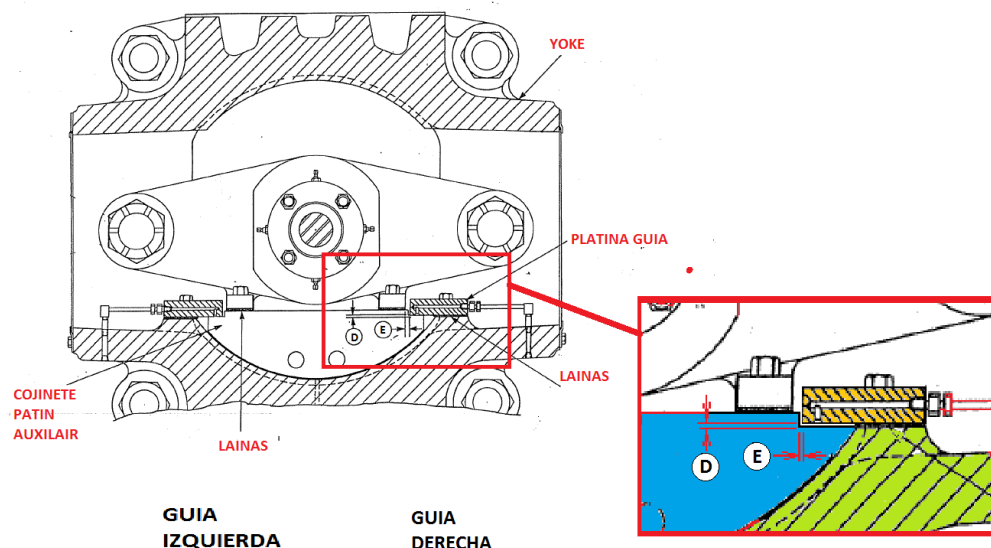


Figura 96. Holgura del cojinete del patín auxiliar vs guía lateral

	NOTA: La holgura recomendada por el fabricante es de: Holgura D (horizontal) = 0.30 a 0.38 mm (0.012 a 0.015 pulgadas), Holgura E (vertical) = 3.22 mm (0.125 pulgadas)				
SI = √	PLAN 83 Medición de la holgura radial del cojinete de bancada	MEC	P	M	Golpes y machucones
	NOTA: La holgura radial de los cojinetes de bancada se puede medir de dos formas: • Con medidor plastigate o plomo (no se requiere tener desmontada las bielas) • Con calibrador de laines (método recomendado - se requiere tener desmontadas las bielas)				
	83.1 Procedimiento con medidor Plastigate o Plomo : Retire las barras espaciadoras con sus barras tirantes ("Tie rod"). Ver figura 11				
	83.2 Desconecte la tubería de lubricación al cojinete.				
	83.3 Retire los prisioneros que ajustan los pernos de la tapa del cojinete.				
	83.4 Suelte los pernos de la tapa del cojinete de bancada.				
	83.5 Instale un cáncamo de 3" pulgadas en la tapa del cojinete y una eslinga para retirar la tapa del cojinete de bancada.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	83.6	Ice la tapa del cojinete utilizando el puente grúa de la planta. Mover lateralmente la tapa al momento de retírala con el fin de ayudar su extracción, ya que existe un ajuste entre el cárter con la tapa del cojinete.
	83.7	Retire la media mitad superior del cojinete.
	83.8	Instale un alambre de plomo de xx mm o medidor plastigate de xx de longitud en la parte superior del cojinete a lo largo del cojinete.
	83.9	Instale nuevamente el cojinete y la tapa.
	83.10	Aplique torque de 1500 ft-lbs a los pernos de la tapa del cojinete.
	83.11	Suelte los pernos y retire la tapa con la media mitad del cojinete superior.
	83.12	Mida con micrómetro la deformación o espesor del plomo; o revise la deformación del plastigate según la guía del producto, para verificar la tolerancia radial de los cojinetes. Registre la medida en el formato
	83.13	Mida la tolerancia para el resto de los cojinetes y regístrelos en el formato
	NOTA: La holgura recomendada para este método por el fabricante está entre el rango de: 0.33 a 0.41 mm (0.013 a 0.016 pulg.)	
	83.14	Procedimiento con calibrador de laina Retire las bielas según se consigna en el Plan xx
	83.15	Mida con un calibrador de laines la holgura existente entre el muñón del cigüeñal y la media mitad superior del cojinete en la parte superior. Registre la medida en el formato
	83.16	Mida la tolerancia para el resto de los cojinetes y regístrelos en el formato
	NOTA: La holgura recomendada para este método por el fabricante está entre el rango de: 0.30 a 0.38 mm (0.012 a 0.015 pulg.)	



INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04

MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

CODIGO
PMA-PMA-I-519

Elaborado
08/11/2014

Versión:
01

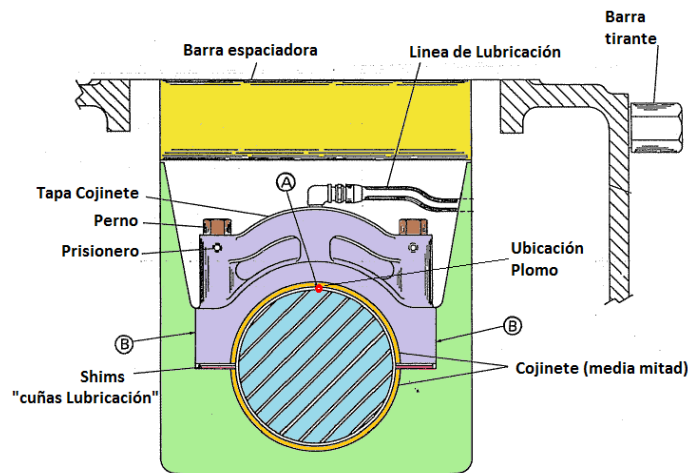


Figura 97. Medición holgura cojinetes de bancada

SI = √	PLAN 84 Medición de la holgura de la base Yoke	MEC	P	M	Golpes y machucones
	84.1 Utilice calibrador de lana para medir la holgura A y B existente entre el soporte y el yoke según figura 11.				
	84.2 Regístrelos en el formato de calibraciones xxxxx.				

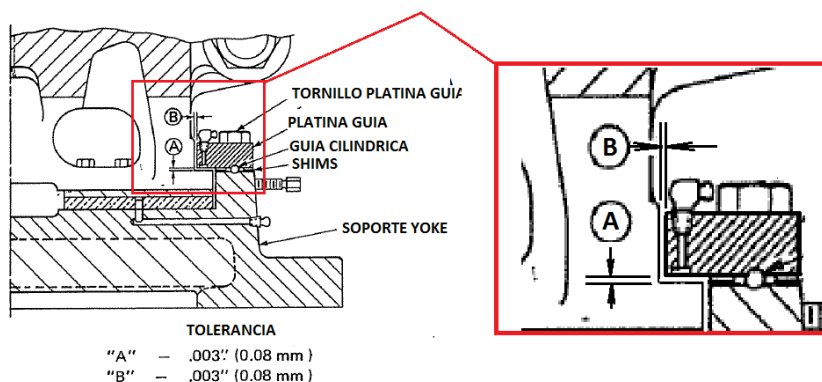


Figura 98. Holgura base yoke

	84.3 Realice ajuste a la tolerancia A, instalando retirando shims debajo de la platina guía. Realice ajustes a la tolerancia B moviendo lateralmente la guía.				
SI = √	PLAN 85 Retiro del bulón	MEC	P	M	Golpes y machucones
	85.1 Con la ayuda de una llave o copa de 1/8", retire las tapas laterales del porta-patín principal				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

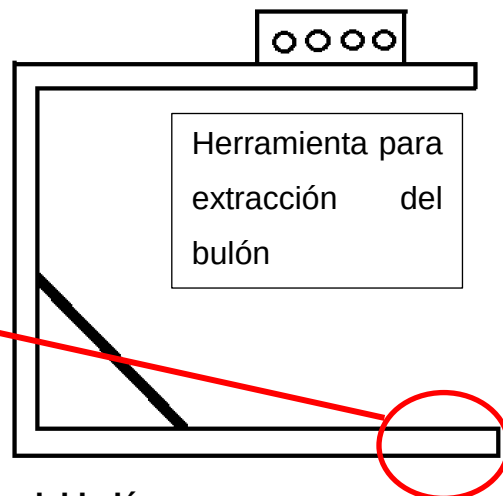
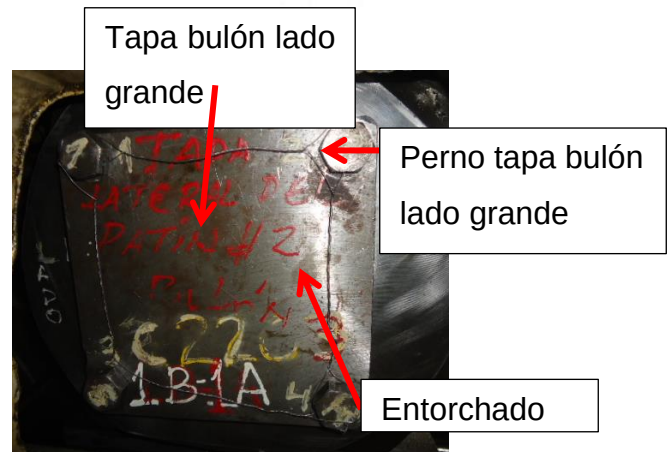
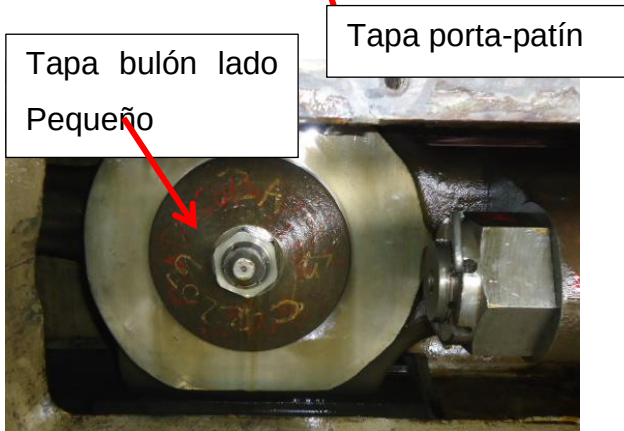
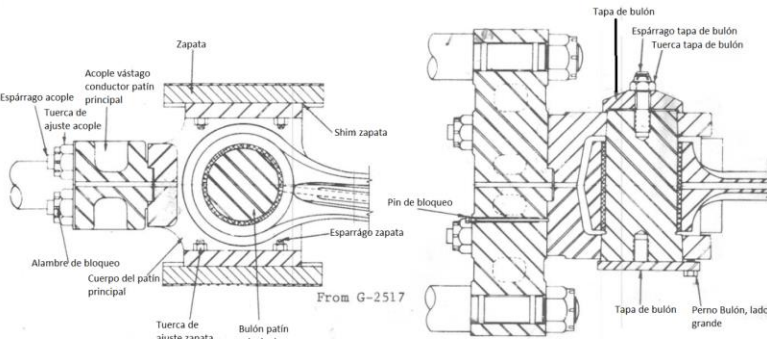
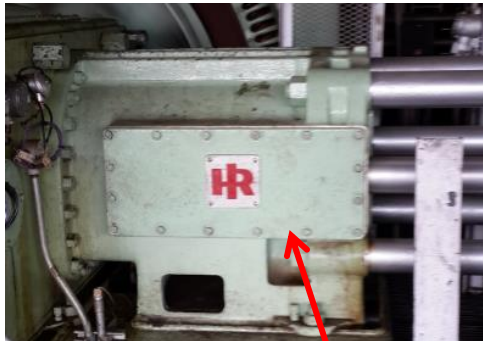


Figura 99. Extracción del bulón

	85.2 Retire el entorchado de los cuatro tornillos de la tapa del bulón, lado grande
	85.3 Suelte los cuatro tornillos y retire la tapa del bulón, lado grande

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	85.4 Suelte la tuerca del esparrago de la tapa del bulón, lado pequeño y retírela
	85.5 Instale la tapa lado pequeño en el lado opuesto y ajústela hasta despegar el bulón
	NOTA: Observe en la figura 12 que el bulón posee un hueco roscado en el lado opuesto para la instalación del extractor del bulón, que para este caso es la tapa del lado pequeño

PRECAUCIÓN: Antes de extraer completamente el bulón asegúrese de que el ojo de biela se encuentre centrado en su alojamiento y que la biela este firmemente apoyada en un bloque de un material blando para evitar que al sacar el bulón ésta golpee la cuna del patín	
---	--

	85.6 Suelte nuevamente la tuerca del esparrago del tapa y retire únicamente la tuerca y la tapa, dejando atornillado el esparrago				
	85.7 Instale la herramienta especial (ver figura 12), y extraiga el bulón, con la ayuda del puente grúa				
SI = √	PLAN 86 Toma de holgura y verificación de alineamiento del patín auxiliar	MEC	P	M	Golpes y machucones
	86.1 Ancle la herramienta especial (ver figura 13) al patín auxiliar ajustándolo al patín en el anclaje del vástago				
	86.2 Con un calibrador de linternas, verifique el correcto sentado de la herramienta				
	86.3 Verifique el correcto centrado del patín auxiliar con respecto a la guía de los cilindros en tres posiciones del patín (Punto muerto superior, medio, punto muerto inferior) y consigne la medida en el formato de calibraciones xxx				

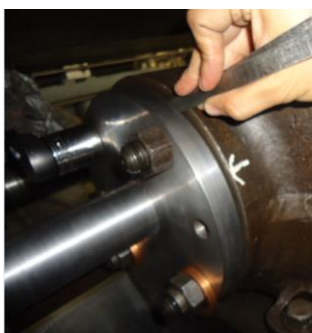


Figura 100. Medición del centrado del patín auxiliar

	86.4 Retire la herramienta para el centrado
--	---

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	86.5 Realice los pasos 11.1 a 11.4 para los cuatro cilindros				
SI = √	PLAN 87 Retiro de barras móviles	MEC	P	M	Golpes y machucones
	87.1 Calibre el diámetro de las tuercas que anclan las barras al patín principal y al patín auxiliar y solicite la herramienta				
	87.2 Ancle las barras móviles a las barras fijas con la herramienta especial. Ver figura 14, y las barras fijas apóyelas al suelo. Verifique que el apoyo sea rígido				



Figura 101. Herramienta para sujeción de barras móviles

	87.3 Suelte los pines de las cuatro tuercas que anclan las barras móviles a los patines. Ver figura 15
--	--

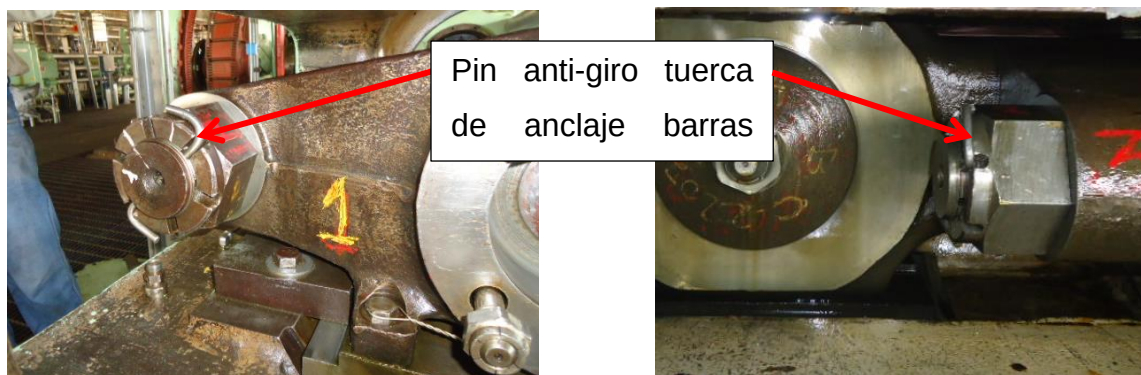


Figura 102. Pin anti-giro Barras móviles

	87.4 Con un nivel de precisión, verifique la posición de las barras móviles y fijas entre el cárter y el yoke (ver figura 16), consigne los datos en el formato de calibraciones
--	--

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01



Figura 103. Toma de nivel de barras

	87.5 Suelte la cuatro tuercas de anclaje de las barras móviles, verificando que no se desalineen ni se muevan				
SI = √	PLAN 88 Retiro del patín auxiliar	MEC	P	M	Golpes y machucones
	88.1 Con el cilindro neumático, gire el compresor hasta su punto muerto inferior, moviendo las barras hasta el patín principal				
PRECAUCIÓN: Al momento de girar el compresor verifique que no haya ninguna obstrucción en las partes móviles Realice este procedimiento una etapa a la vez.					
	88.2 Suelte los cuatro tornillos que anclan el yugo del patín auxiliar				
	88.3 Maque la posición de trabajo de cada tornillo				
	88.4 Ancle la herramienta especial (ver figura 17) para extraer el yugo del patín auxiliar mediante dos tornillos ubicados en el anclaje de la brida del vástago				



Figura 104. Herramienta para la extracción del yugo del patín auxiliar

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	<i>NOTA: Al retirar el yugo marque y consigne el número y posición de las shims de centrado entre la zapata y el yugo</i>				
SI = √	PLAN 89 Retiro de la zapata del patín auxiliar	MEC	P	M	Golpes y machucones
	89.1 Instale una platina (Ver figura 18) atornillada a la zapata en el anclaje con el yugo del patín				
	89.2 Con la ayuda de una herramienta especial (La misma usada para extraer el bulón) extraiga la zapata				

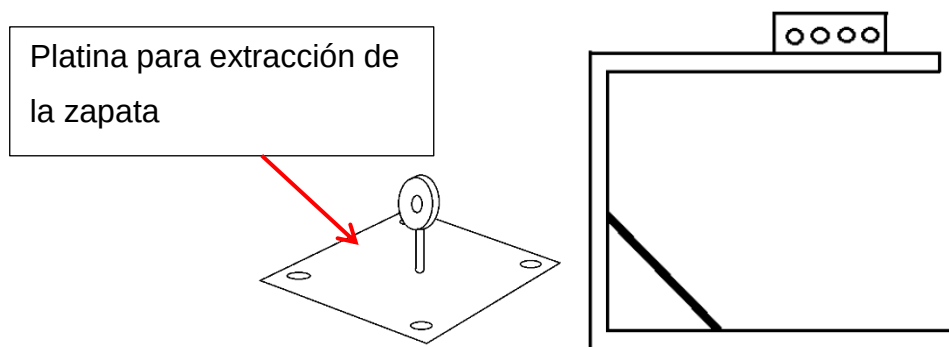


Figura 105. Herramienta para extracción del yugo del patín auxiliar

	89.3 Suelte las platinas laterales				
	<i>NOTA: Al retirar las platinas laterales marque y consigne en el formato de calibraciones el número y posición de las shims de centrado entre las platinas y el yoke</i>				
SI = √	PLAN 90 Retiro del yugo patín principal	MEC	P	M	Golpes y machucones
	90.1 Ubique el patín principal en el punto muerto inferior				
	90.2 Ubique las barras móviles hacia el lado yoke				
	90.3 Retire los cuatro pasadores				
	90.4 Con una copa de 11/16", retire el pin de bloqueo				
	90.5 Marque la posición de las cuatro tuercas que sujetan el yugo al patín principal y suéltelas sin retirarlas				
	90.6 Retire la dos tuercas y los dos espárragos superiores				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	90.7 Instale la herramienta especial (Ver figura 20), en los orificios superiores del yugo del patín principal
--	--

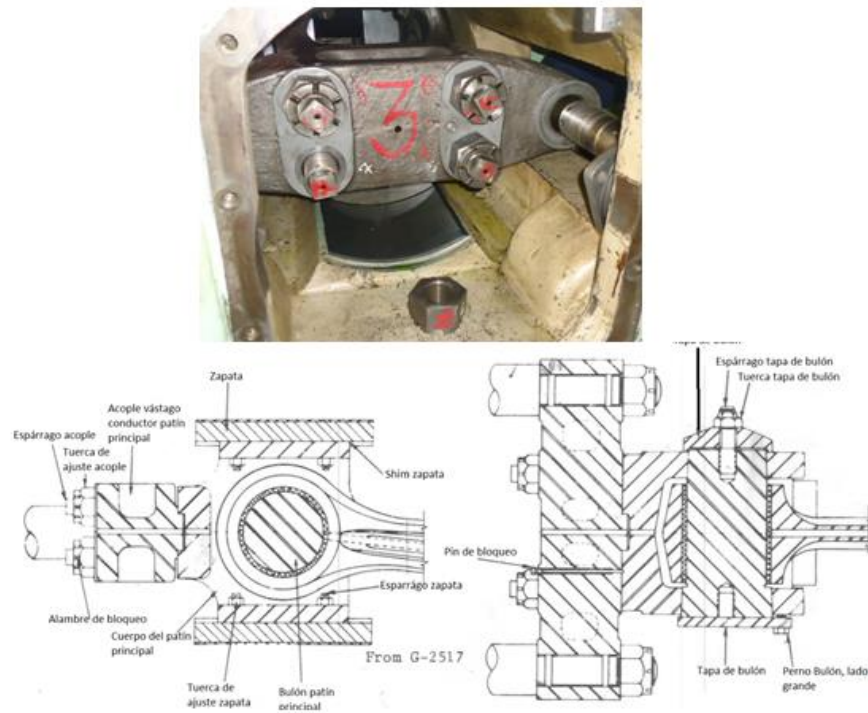


Figura 106. Patín principal



Figura 107. Herramienta para la extracción del yugo del patín principal

	90.8 Centre la herramienta con un diferencial de 1 ½ ton con sus respectivos grilletes
--	--

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	90.9 Retire el yugo la parte lateral de la extensión. Ver figura 21
--	---



Figura 108. Lugar por donde se extrae el yugo

	NOTA: Proteja las caras de contacto del yugo, limpiándolo y aislándolo adecuadamente				
	90.10 Ubique el yugo en una estiba y marque su posición (Tiro 1A/1B , Tiro 2ª/2B)				
	90.11 Repita los pasos 15.1 a 15.10 para el tiro siguiente				
SI = √	PLAN 91 Retiro del cuerpo del patín principal	MEC	P	M	Golpes y machucones
	91.1 Lubrique la canoa del patín y con la ayuda de un madero llévelo hasta el punto muerto superior				
PRECAUCIÓN: Al momento de empujar el patín hacia el punto muerto superior tenga cuidado de no permitir que la biela caiga, y que el patín no salga de sus cuna					
	91.2 Corte el alambre que sujeta la zapata superior al patín				
	91.3 Suelte los cuatro tornillos y retire la zapata superior por la parte frontal del patín				
	91.4 Instale la herramienta especial (ver figura 22) en el patín por el frente, y céntrela con ayuda de un diferencial				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01



Figura 109. Herramienta para la extracción del cuerpo del patín principal

	91.5 Extraiga el cuerpo del patín principal y ubíquelo en un lugar seguro y limpio				
	91.6 Repita los pasos 16.1 a 16.5 para el siguiente tiro				
SI = √	PLAN 92 Retire las bielas.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	92.1 Utilice las siguientes Herramientas, para el retiro de las bielas: Copa 1 5/8", con cuadrante de 3/4", volvedor, tornillo de ojo de 1/2", grillete de 1/2" y eslinga.				
	92.2 Gire la maquina hasta que la biela quede posicionada, para soltar las tuercas que sujetan la tapa de la biela y la tapa				
	NOTA: Antes de desmontar marque la posición en que se encuentra la biela para evitar la instalación en otra posición				
	92.3 Instale el Cáncamo (tornillo de ojo, el grillete, la eslinga en la biela y soporte con el puente grúa).				
	92.4 Retire los tornillos y la tapa.				
PRECAUCIÓN: El retiro de tornillos y las tapas, se debe realizar con un izaje controlado, evitar caídas y golpes en las áreas de trabajo de los casquetes y muñón de la biela del cigüeñal.					
	92.5 Gire la maquina en sentido contrario al anterior hasta que quede en posición de retirar la biela.				
	92.6 Retire e ice la biela. Ver figura 23.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01



Figura 110. Izaje de la biela

	92.7 Ubique la biela en un lugar seguro.				
	92.8 Desmonte los casquetes de la tapa y biela y márquelos según la posición.				
	92.9 Repita los pasos 17.1 a 17.8 para los demás bielas del compresor.				
SI = √	PLAN 93 Retiro de los tie-rods	MEC	P	M	Golpes y machucones
	93.1 Verifique la distancia de cada uno de los tie-rods con un micrómetro de interiores antes de soltar, y registre el dato en el formato de calibración				

TIEROD

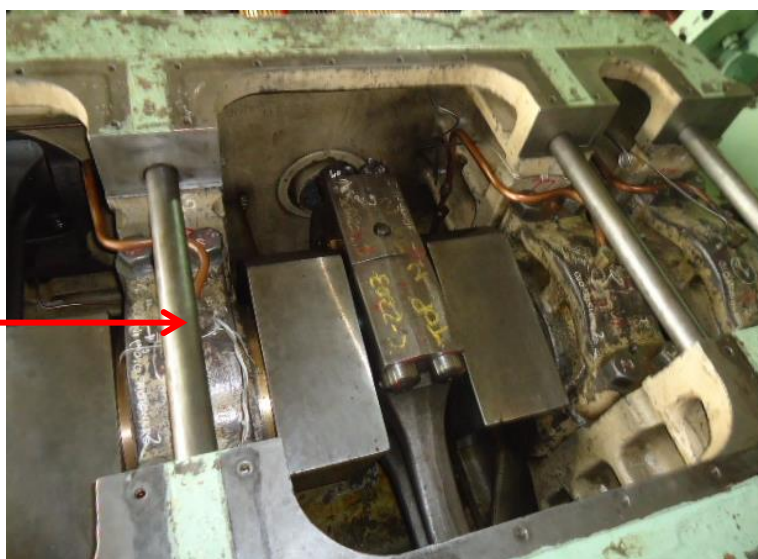


Figura 111.

	93.2 Marque la posición de trabajo de cada espaciador
--	---

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	93.3 Suelte con una copa de 3/4" verificando que no se gire				
	93.4 Instale dos cárcamos o tornillos de ojo y empiece a izar con el puente grúa, y al mismo tiempo golpee suavemente el espaciador para desajustarlo progresivamente.				
	Nota Verifique la eslinga y la rosca de los cárcamos				
SI = √	PLAN 94 Retire las bancadas.	MEC	P	M	Golpes y machucones
	94.1 Utilice las siguientes Herramientas, para el retiro de las bancadas: Llave mixta 7/8", copas de 1 1/8", extensión 5", volvedor, eslinga, tornillo de ojo y grillete de 1/2".				
	94.2 Desconecte las tuberías de lubricación de las bancadas y sensores de temperatura. Ver figura 25.				



Figura 112. Líneas de lubricación de la bancada.

	Nota: Verifique que los tornillos que fijan la bancada no tenga prisioneros anti-giro, si los tiene retírelos
	94.3 Suelte las tuercas que sujetan tapas de bancada.
	94.4 Afloje bancadas con destornillador insertándolo entre la contrapesa y la bancada hasta que quede libre de la guía.
	94.5 Instale tornillo de ojo, grillete y eslinga en la tapa de bancada y proceda a izar con el puente grúa.
PRECAUCIÓN: Evite que la tapa no pegue en las contrapesas, ni se caiga el casquete.	
	94.6 Retire las líneas, casquetes y bancadas en un lugar seguro.
	94.7 Desmonte el casquete y márquelo de acuerdo a su posición.
	94.8 Retire los shims de las cuñas de lubricación de las bases de las bancadas y márquelas según su posición.

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	94.9 Repita los pasos 19.1 a 19.8 para desmontar las demás bancadas.				
SI = √	PLAN 95 Retiro del sello de lubricación del cigüeñal	MEC	P	M	Golpes y machucones
	95.1 Retirar los tornillos de la tapa lateral. Ver figura 26				
	95.2 Retirar los tornillos que ajustan el plato del baffle. Ver figura 26				
	95.3 Soltar el tornillo de la media luna exterior. Ver figura 26				

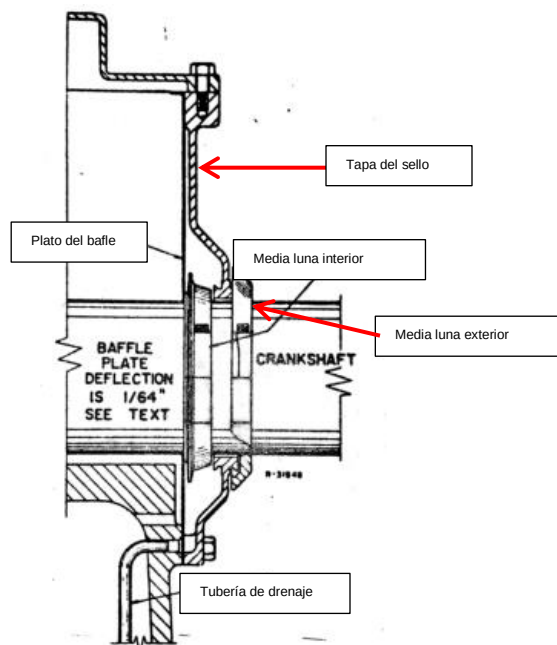
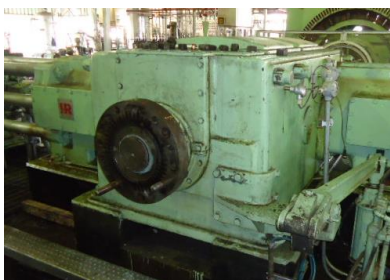


Figura 113. Sello de lubricación del cigüeñal

	95.4 Soltar el tornillo de la media luna interior. Ver figura 26				
	Nota: Verificar que el drenaje de aceite se encuentre destapado, y sin ningún tipo de daño				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

SI = √	PLAN 96 Retiro de las guardas del motor	MEC	P	M	Golpes y machucones
	96.1 Marque la posición de cada una de las guardas				
	96.2 Suelte con una llave de 15/16", copa palanca cuadrante ½"				
	96.3 Retírelas y colóquelas en un lugar seguro				

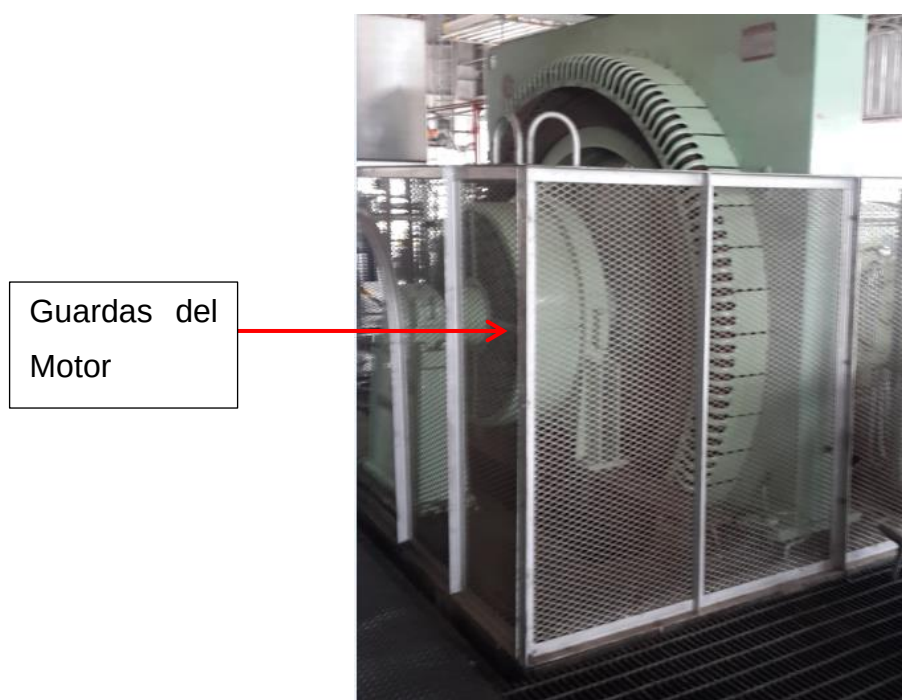


Figura 114. Guardas del motor

	96.4 Desconecte el estator y la excitatriz con personal del grupo eléctrico calificado				
	96.5 Retire todas las guardas de la excitatriz y el estator.				
SI = √	PLAN 97 Retiro de la excitatriz	MEC	P	M	Golpes y machucones
	97.1 Verifique el centrado de la excitatriz con respecto al rotor, con la ayuda de un calibrador de luces.				
	97.2 Suelte los anclajes que unen las dos medias lunas de la excitatriz				
	NOTA: Asegure la posición de las calzas y el espesor de las mismas, y regístrelo en el formato de calibraciones.				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	97.3 Retire la media luna superior de la excitatriz con la ayuda de una diferencial con sus eslingas y el puente grúa
	97.4 Suelte las tuercas de anclaje de la media luna inferior y retírela con la ayuda del diferencial, eslingas y el puente grúa

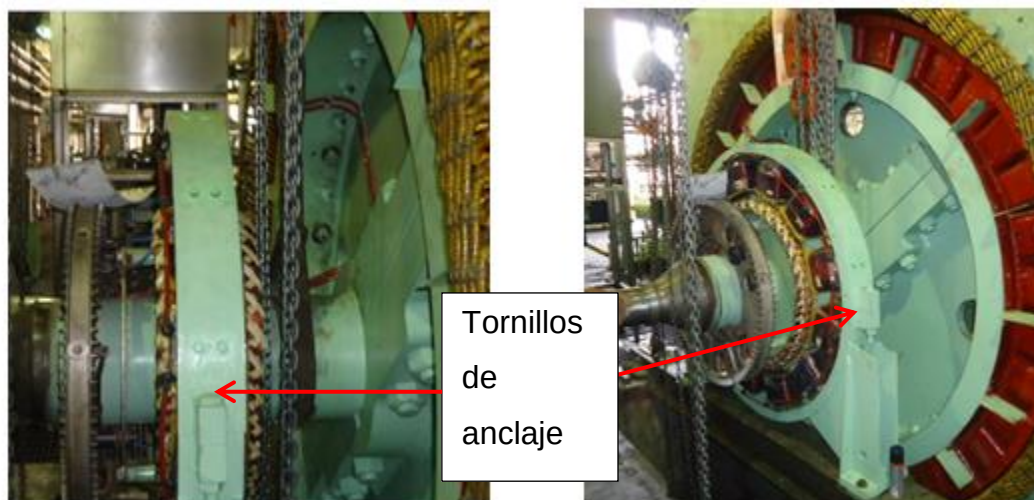


Figura 115.

SI = √	PLAN 98 Desplazamiento del estator	MEC	P	M	Golpes y machucones
	98.1 Verifique el centrado del rotor con el estator, esto se debe realizar con calibrador de luces, registre la medidas en el formato de calibración				
	98.2 Desancle el estator para proceder a correrlo, asegure el número de calzas de cada una de las patas, y consígnelo en el formato de calibraciones				
	98.3 Limpie y verifique la platina por donde se desliza el estator.				
	98.4 Utilizando dos eslingas sujete el estator al puente grúa para realizar el movimiento del estator lo más seguro posible				
	98.5 Instale dos gatos de 10 ton por 12" de largo en la parte posterior del estator e inicie el deslizamiento con la ayuda de los mismos. Ver figura 18.				
PRECAUCIÓN: En el momento del movimiento estar atentos a no estrellar el estator contra el rotor					

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

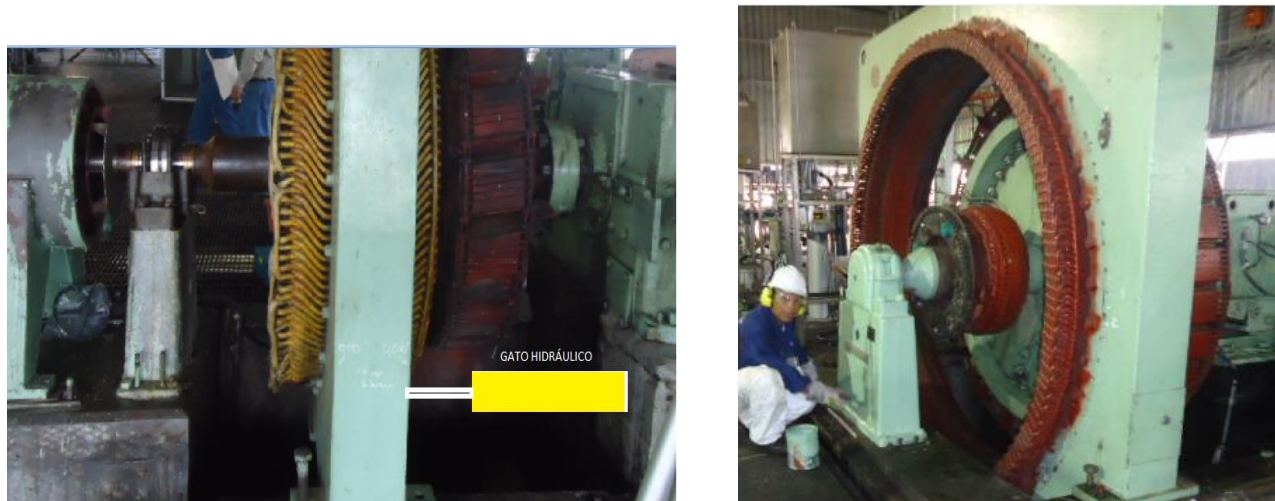


Figura 116. Desplazamiento del estator

	98.6 Accione los gatos al mismo tiempo, llevando el movimiento controlado con un flexómetro, deslizando el estator hasta que el rotor quede completamente libre.				
SI = √	PLAN 99 Retiro del pillokbblock del motor	MEC	P	M	Golpes y machucones
	99.1 Fabrique un soporte para mantener centrado el rotor del motor, y poder realizar ajustes finos				

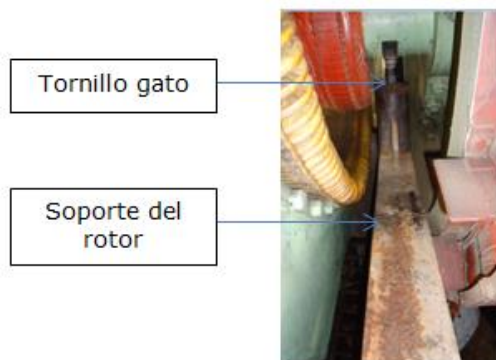


Figura 117. Soporte para el rotor

	99.2 Suelte la tapa superior del rodamiento
	99.3 Verifique la posición del rodamiento dentro de la caja del rodamiento
	99.4 Suelte la tuerca que fija el manguito del rodamiento



INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04

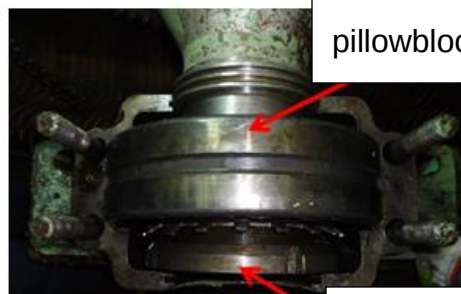
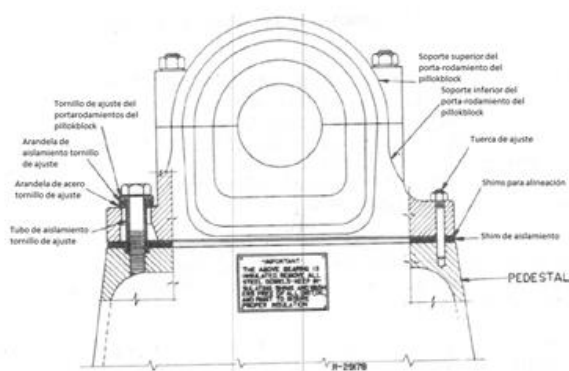
MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

CODIGO
PMA-PMA-I-519

Elaborado
08/11/2014

Versión:
01

	99.5 Instale un indicador de caratula, y suba el rotor 0.010" con ayuda del soporte
	99.6 Suelte los anclajes del pillokbblock
	99.7 Retire la caja de rodamientos
	99.8 Retire el rodamiento
	99.9 Suelte la bancada del pillokbblock
	<i>Nota : Al momento de desanclar tenga en cuenta el número de calzas y el espesor de las vaquelitas tanto de la caja como de los anclajes</i>



Rodamiento
pillowblock

Tuerca
Rodamiento



Figura 118. Pillowblock

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

SI = √	PLAN 100 Retiro del estator	MEC	P	M	Golpes y machucones
	100.1 Con la ayuda del soporte mantenga centrado el rotor				
	100.2 Ice el estator sujetándolo por la parte superior con el puente grúa como lo muestra la figura 32				
	100.3 Retírelo de su base y colóquelo en un lugar seguro				

PRECAUCIÓN: Al momento de mover el estator tenga cuidado de no partir los cables de conexión que se encuentran en la parte inferior del estator					
--	--	--	--	--	--



Figura 119. Estator

SI = √	PLAN 101 Desmontaje del rotor del motor	MEC	P	M	Golpes y machucones
	101.1 Para el desmontaje del rotor utilice las siguientes herramientas: Llave mixta de 3/4", 2 1/8", tornillo de ojo (2) y grillete (2) de 1/2", eslinga (2) de igual longitud y capacidad, Diferencial de 1/2 ton y grillete de 1".				
	101.2 Verifique el correcto centrado del rotor con respecto al cigüeñal, con un nivel de precisión				
	101.3 Asegure el rotor con dos eslingas a los dos diferenciales (5ton) del puente grúa				

PRECAUCIÓN: Asegure el correcto centrado con un nivel de precisión, para evitar deformación de los tornillos de acople con el cigüeñal					
---	--	--	--	--	--

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

101.4	Suelte los tornillos del acople entre el rotor y el cigüeñal. Ver figura 33
-------	---

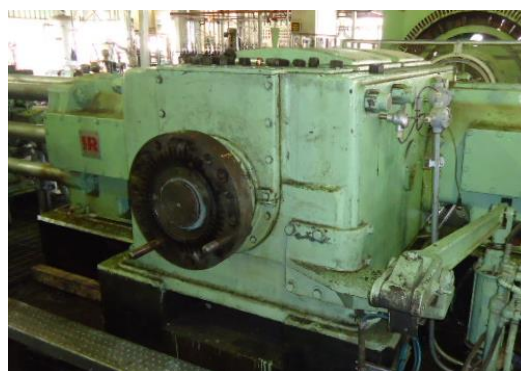
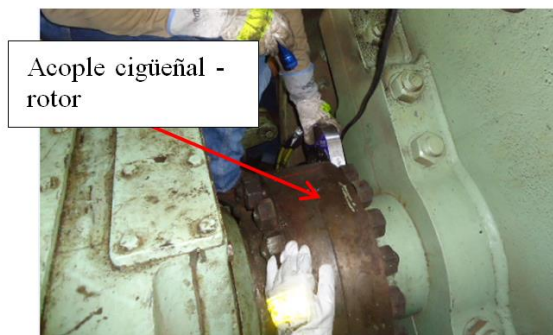


Figura 120. Rotor

	101.5 Ice el rotor y ubíquelo en el soporte para su transporte seguro.				
SI = √	PLAN 102 Desmontaje del yoke	MEC	P	M	Golpes y machucones
	102.1 Bloquee las seis barras en sus soportes				
	102.2 Suelte las ocho tuercas que anclan las barras fijas				

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

	103.1 Con una llave hexagonal de 3/8" suelte las seis tornillos que ajustan las chumaceras a la base
	103.2 Marque la posición de cada chumacera y verifique el sistema de engrase de cada una
	103.3 Calibre el espesor de los shims y verifique su estado, cambie según necesidad



Figura 122. Chumaceras planas

**** Fin de Procedimiento ****

5. CONTINGENCIAS

- Si al ejecutar este Instructivo, en la actividad se presenta una situación fuera del alcance del trabajo planeado, notifique al supervisor ó jefe inmediato para revalorar el trabajo e implementar controles a los cambios del alcance.
- Si se identifica alguna acción de mejora en la ejecución de este instructivo documéntelo en las observaciones de la lista de chequeo.

	INSTRUCTIVO DE REPARACION DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND, TIPO 14" 4HHE-VB-3-2 SC-2203/04		
	MANTENIMIENTO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
	CODIGO PMA-PMA-I-519	Elaborado 08/11/2014	Versión: 01

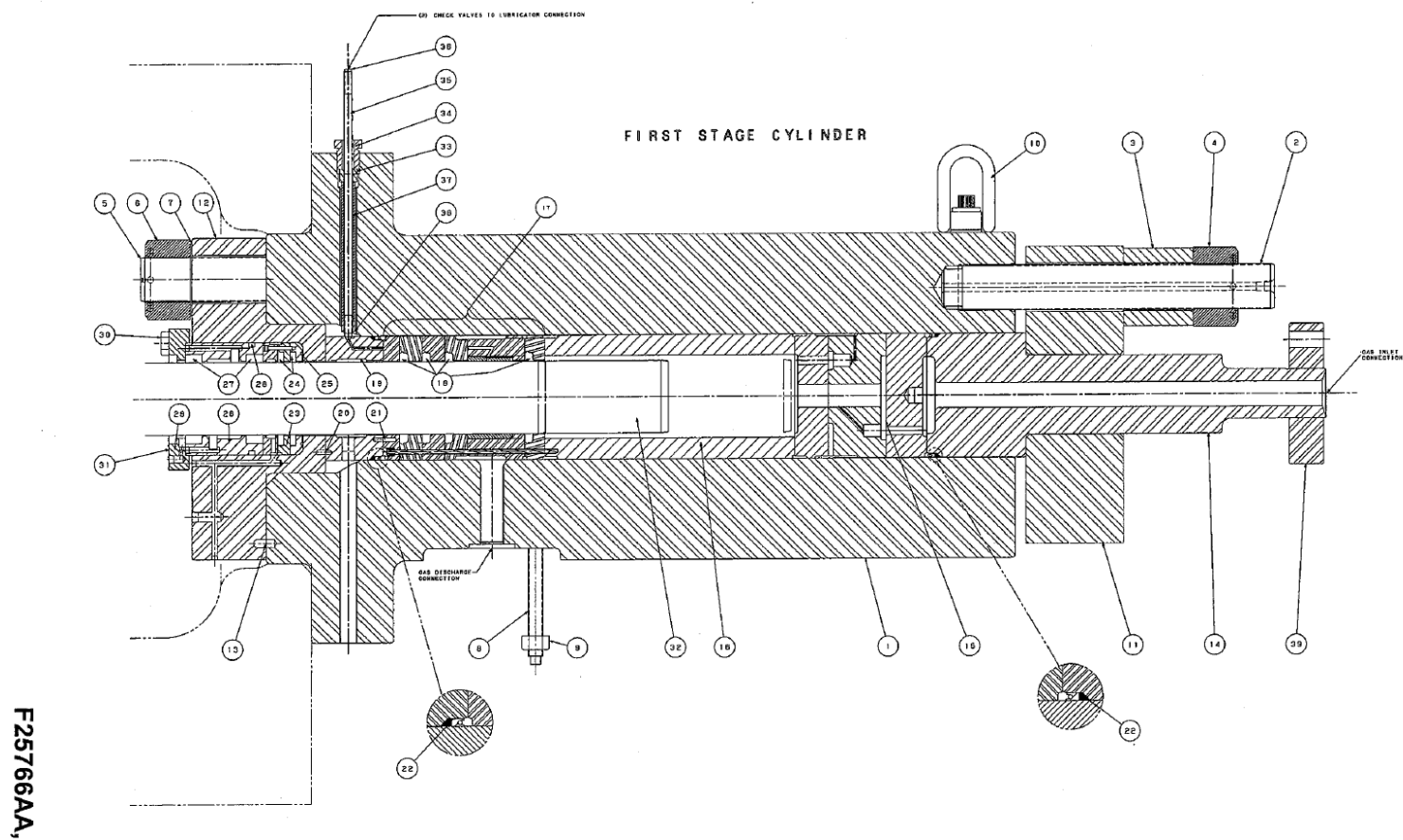
RELACIÓN DE VERSIONES

Documento Anterior			
Versión	Fecha	Antiguo Código y Título	Cambios
1	08/11/2014		Creación del Documento.
Documento Nuevo			
Versión	Fecha	Cambios	
Para mayor información sobre este documento dirigirse a quien lo elaboró, en nombre de la dependencia responsable:			
Elaboró: Jhon Jairo Fuentes Santamaría – Jhon Fredy Camelo González			
Teléfono: 48607 - 49919			
Buzón: Jhon.fuentes@ecopetrol.com.co - Jhon.camelo@ecopetrol.com.co			
Dependencia: Departamento de Mantenimiento-PPQ			
Revisó		Aprobó	
Elber Fernando Ruiz Rueda		Andrés Iván Cuellar Molina	
Ingeniero coordinación de equipo rotativo		Jefe Departamento de Mantenimiento	

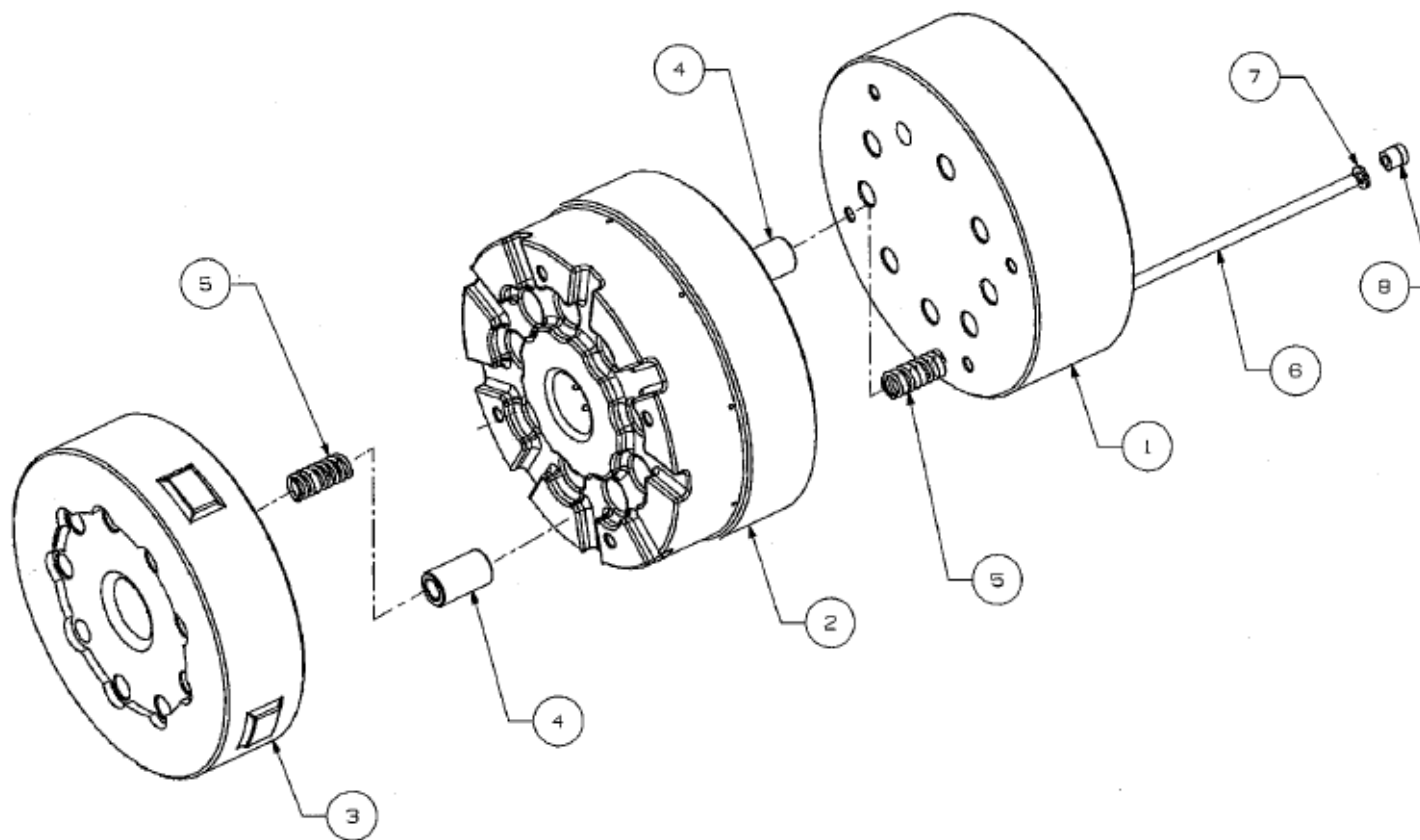
Anexo B. Planos referenciados en los FACI

PLANOS FACI SC2253

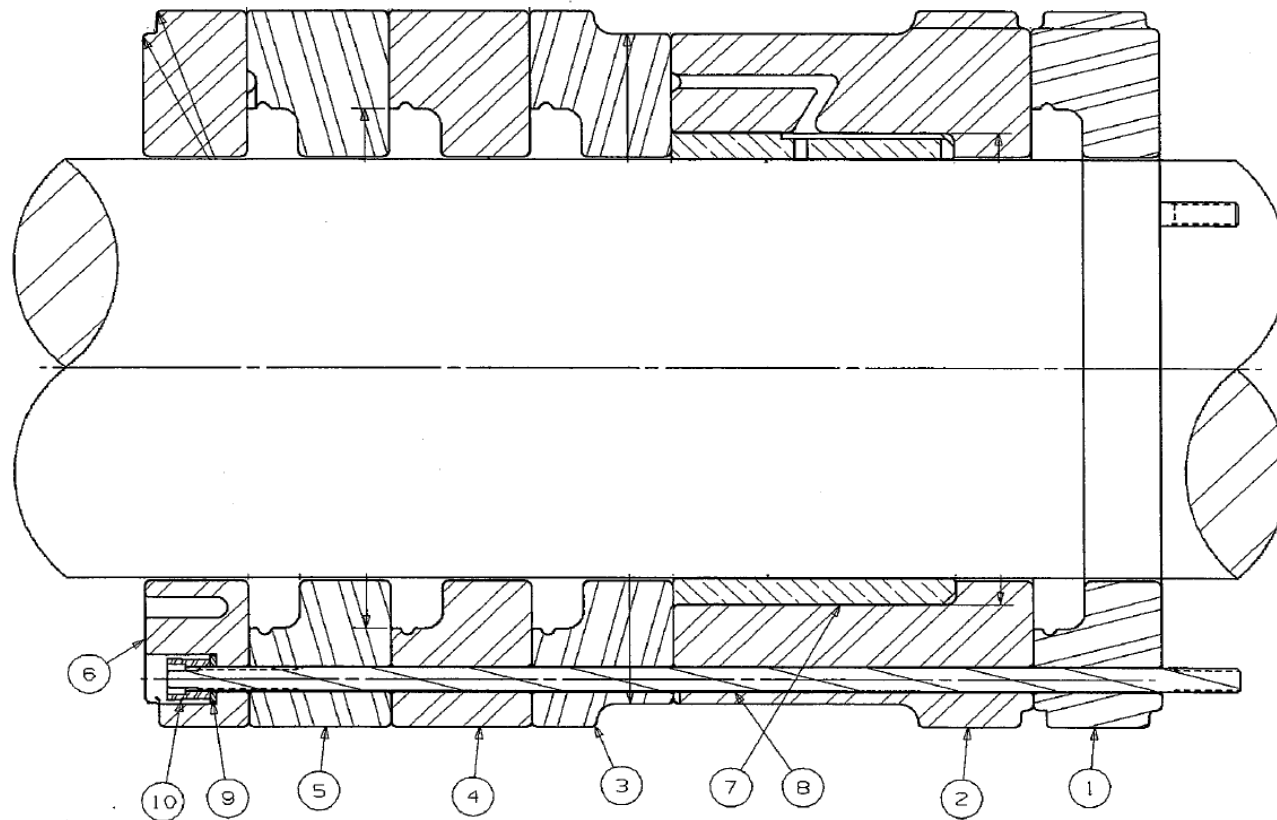
1. F25766AA, CILINDRO PRIMERA ETAPA



2. H64655D VÁLVULA DUAL PRIMERA ETAPA

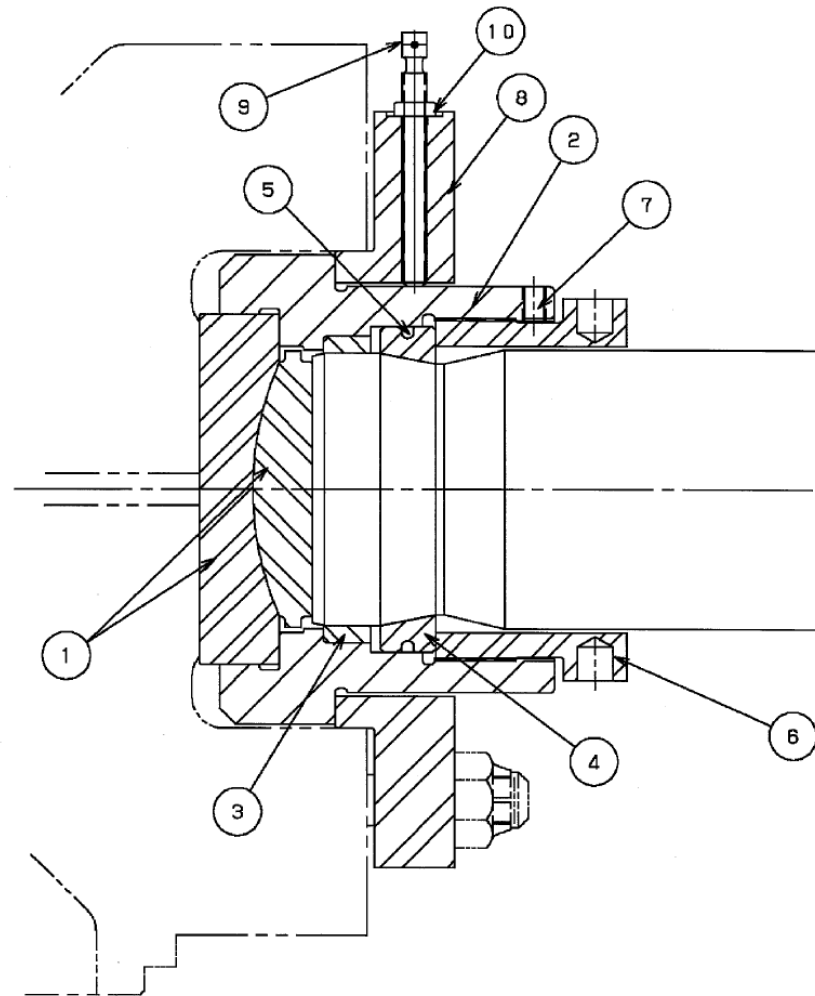


3. H65699 SELLO DE GAS PRIMERA ETAPA

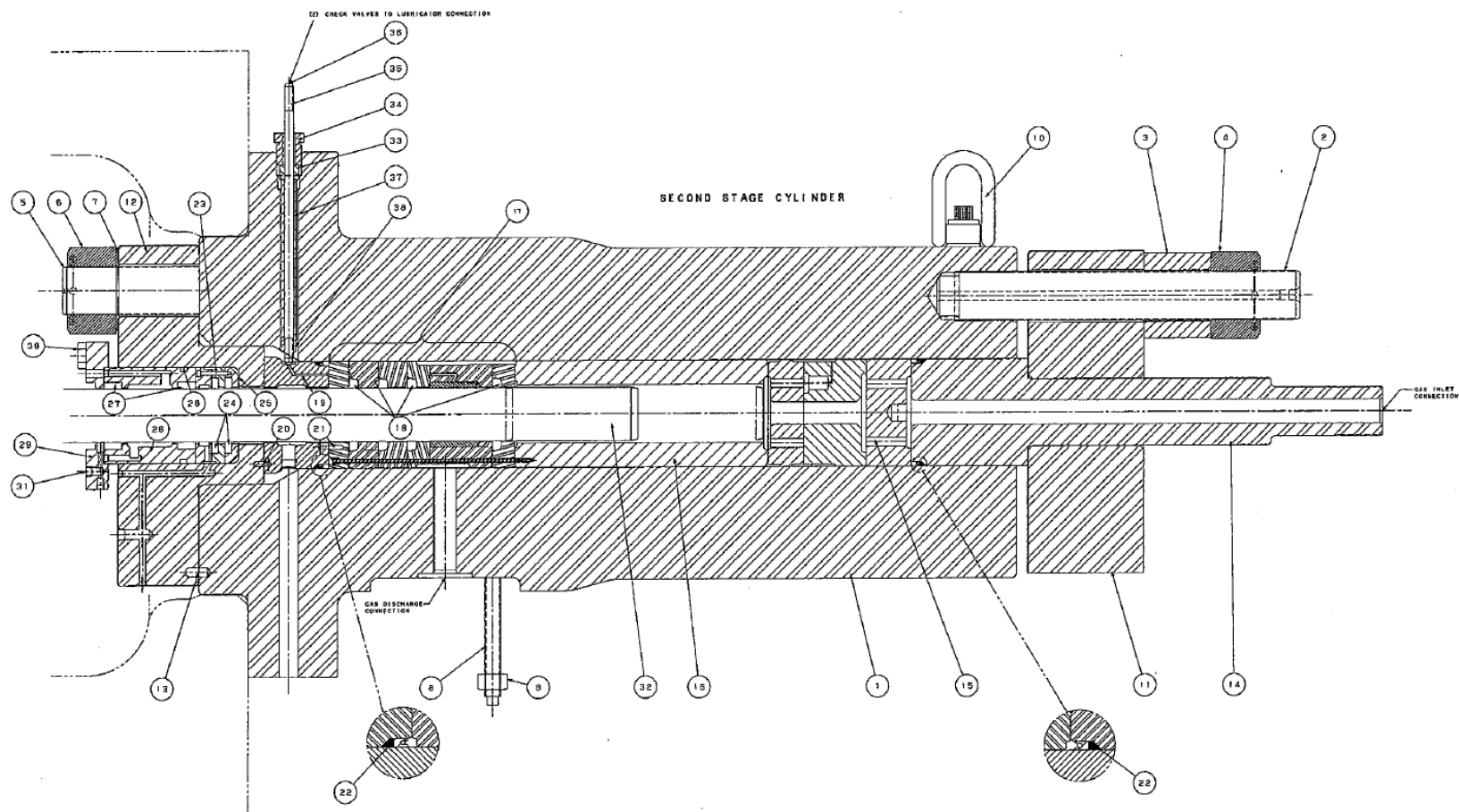


SECTION A - A

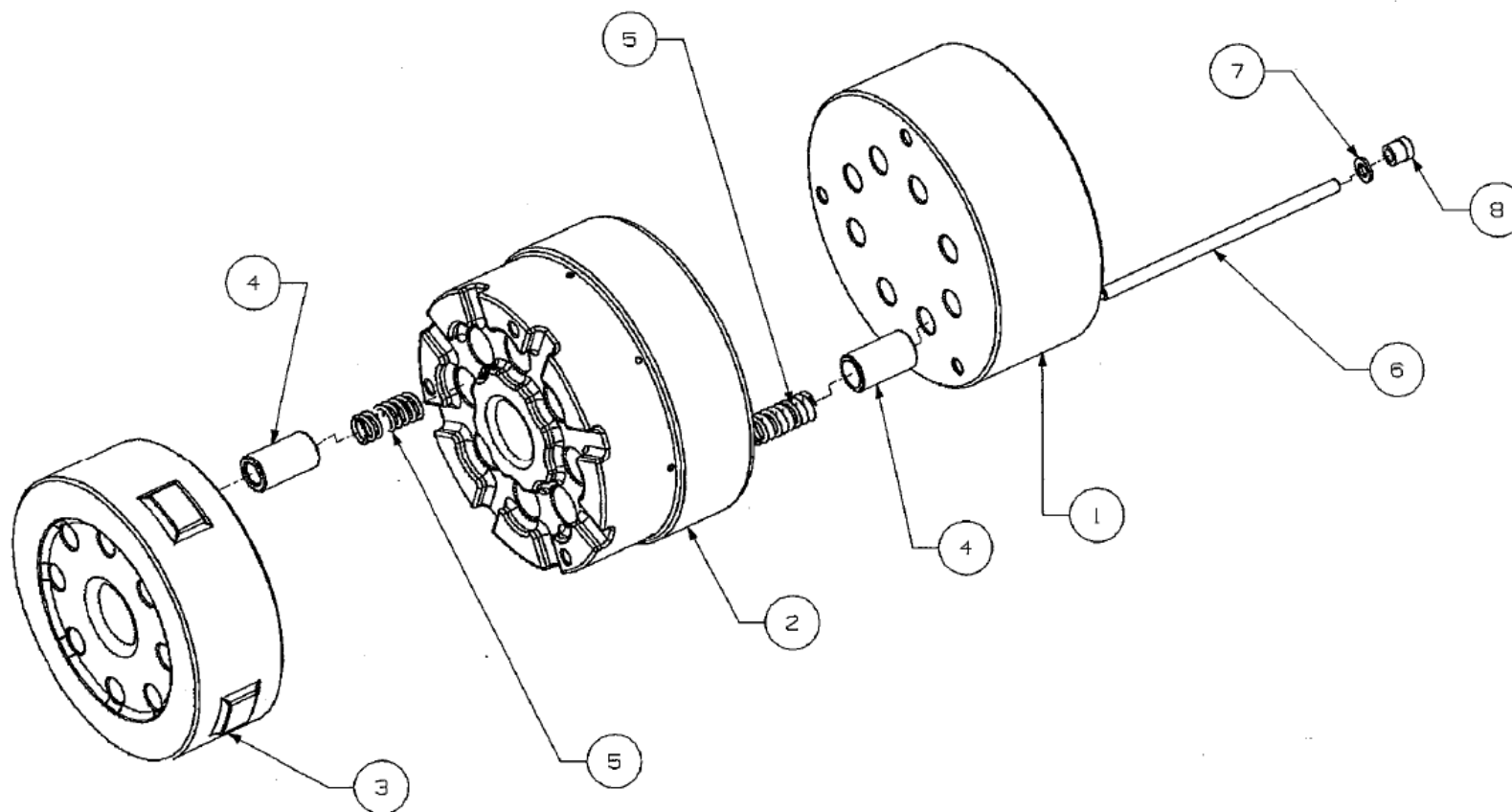
4. R48226E CONEXIÓN DEL ÉMBOLO PRIMERA ETAPA



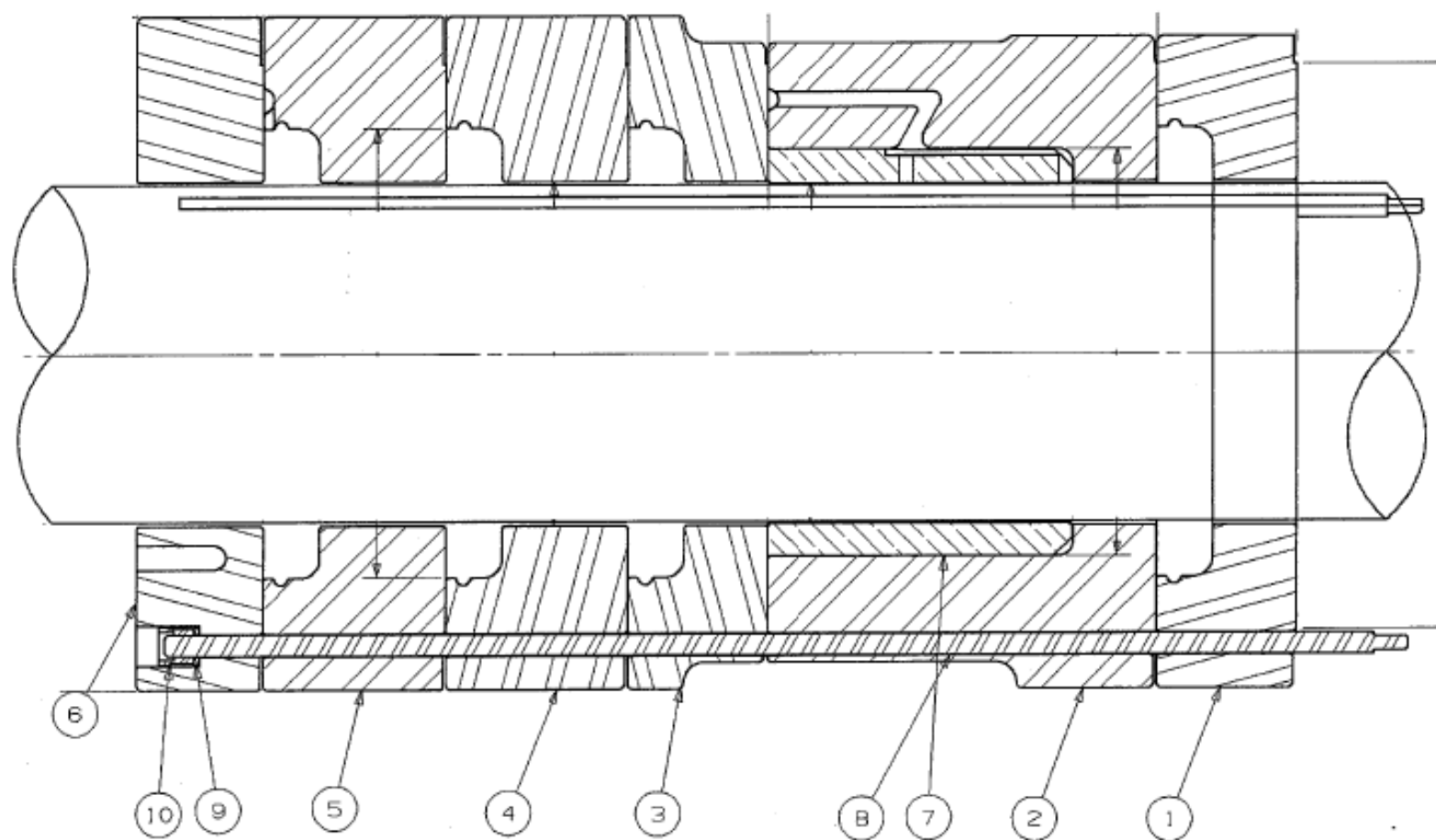
5. F25766AB CILINDRO SEGUNDA ETAPA



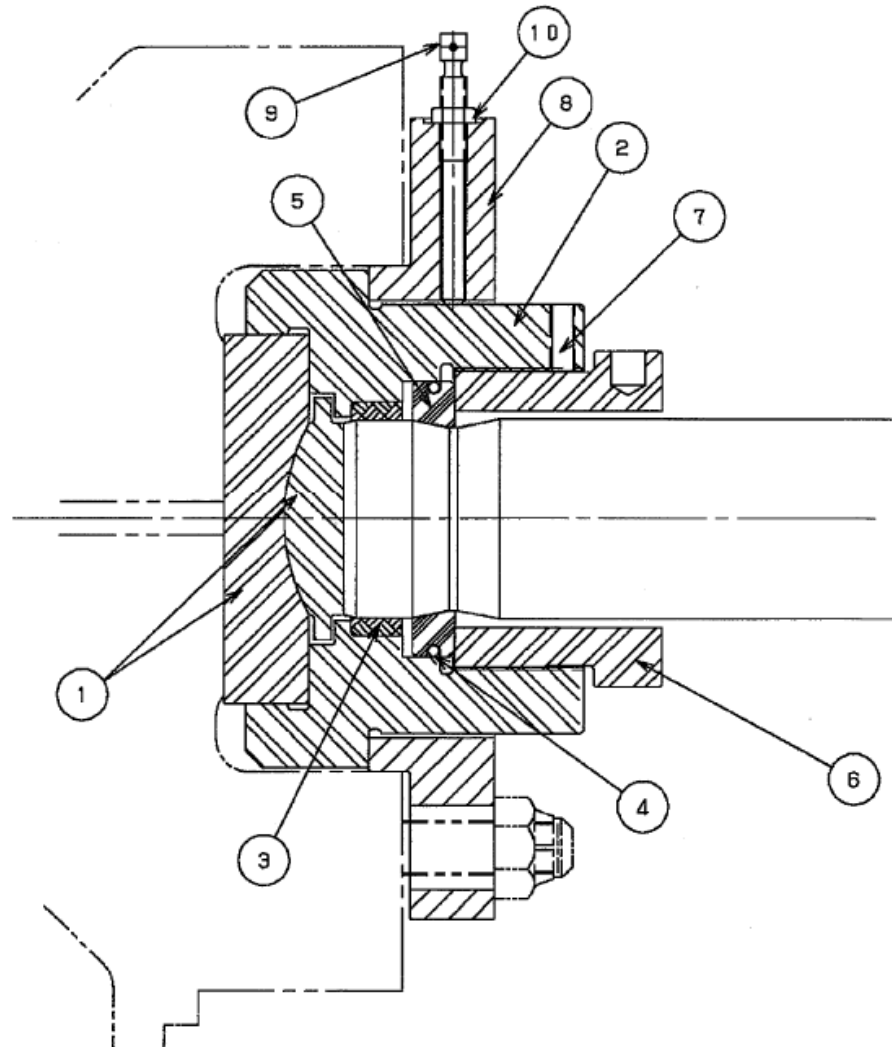
6. H64655E VÁLVULA DUAL SEGUNDA ETAPA



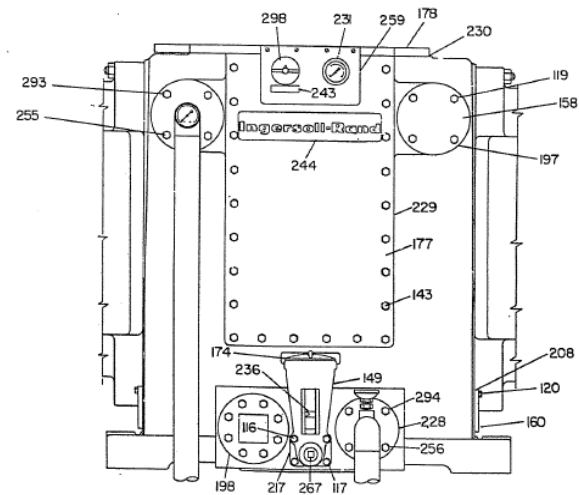
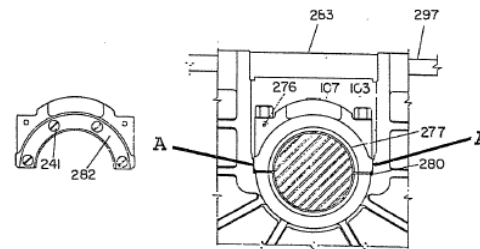
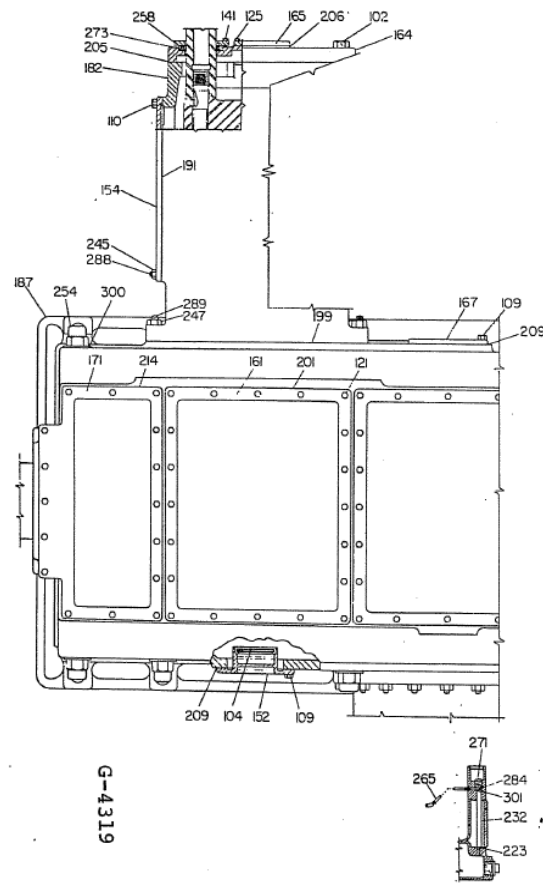
7. H33840 SELLO DE GAS SEGUNDA ETAPA



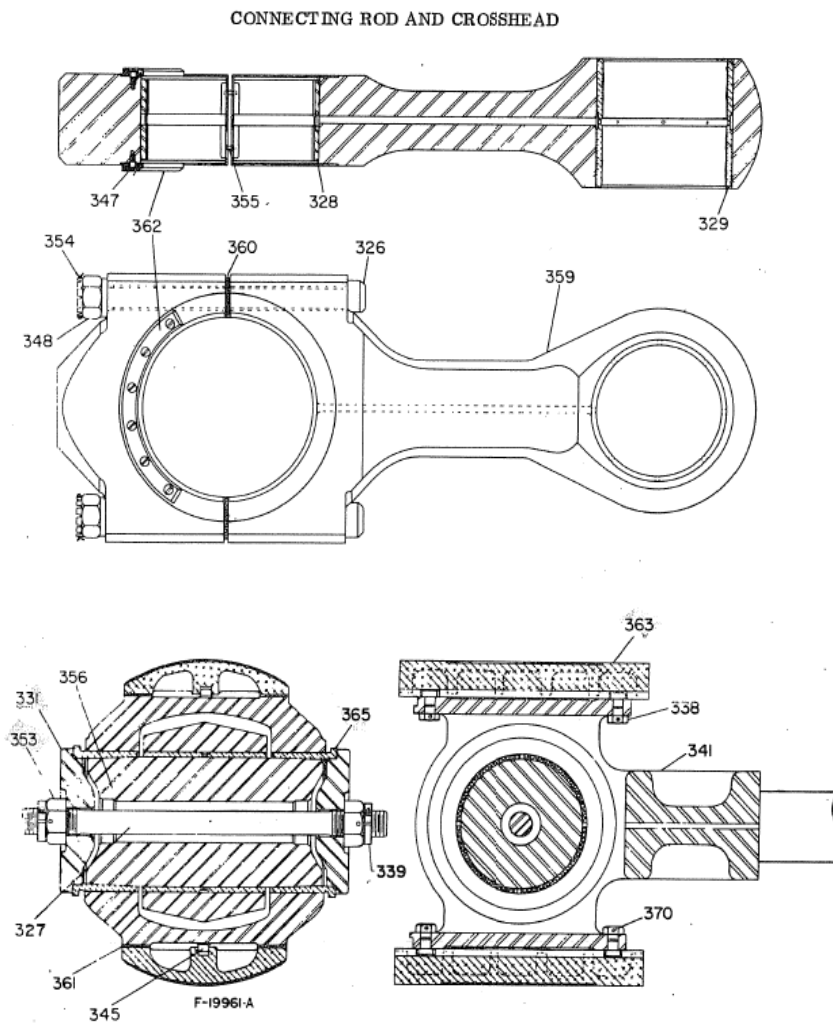
8. R48226F CONEXIÓN ÉMBOLO SEGUNDA ETAPA



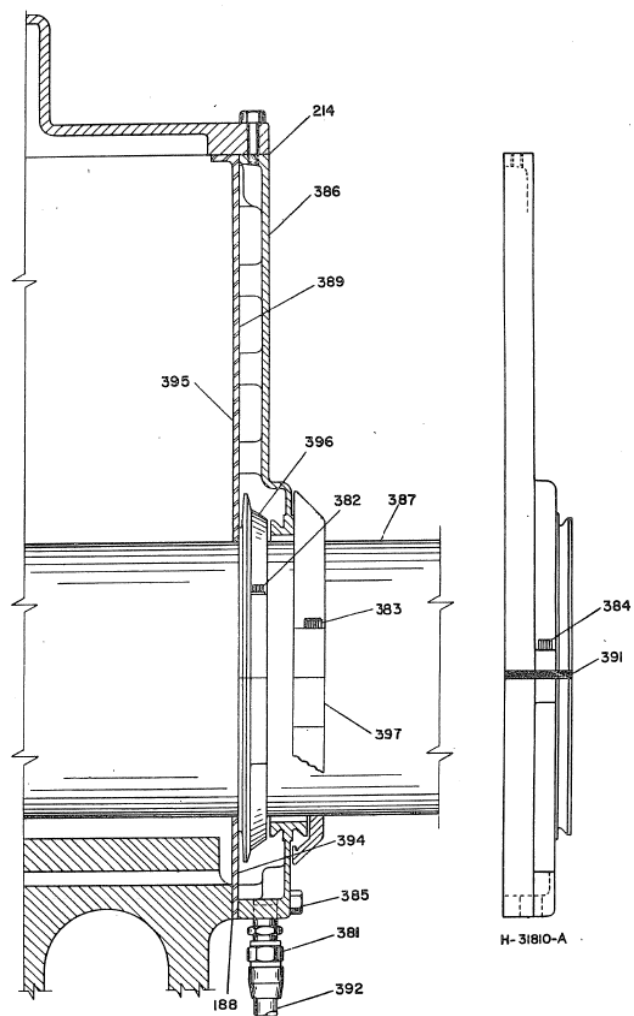
9. G4319



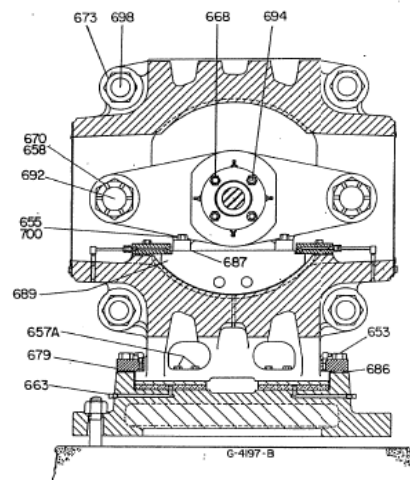
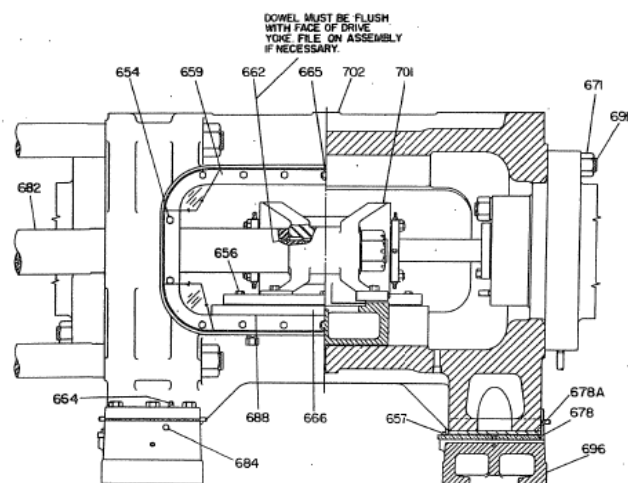
10.F19961A BIELA Y PATÍN PRINCIPAL



11. H31810A RETENEDOR DE ACEITE DEL CIGÜEÑAL

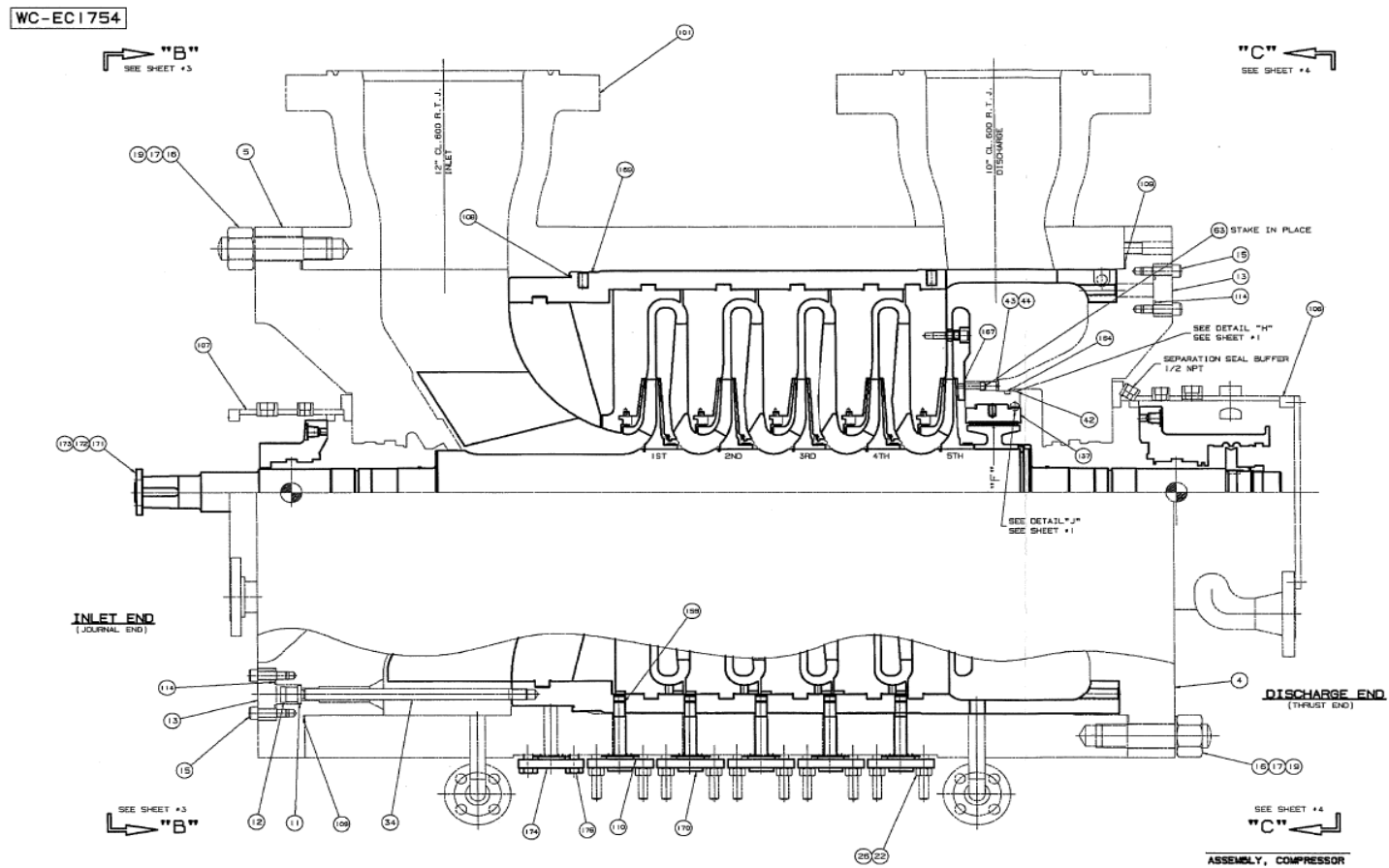


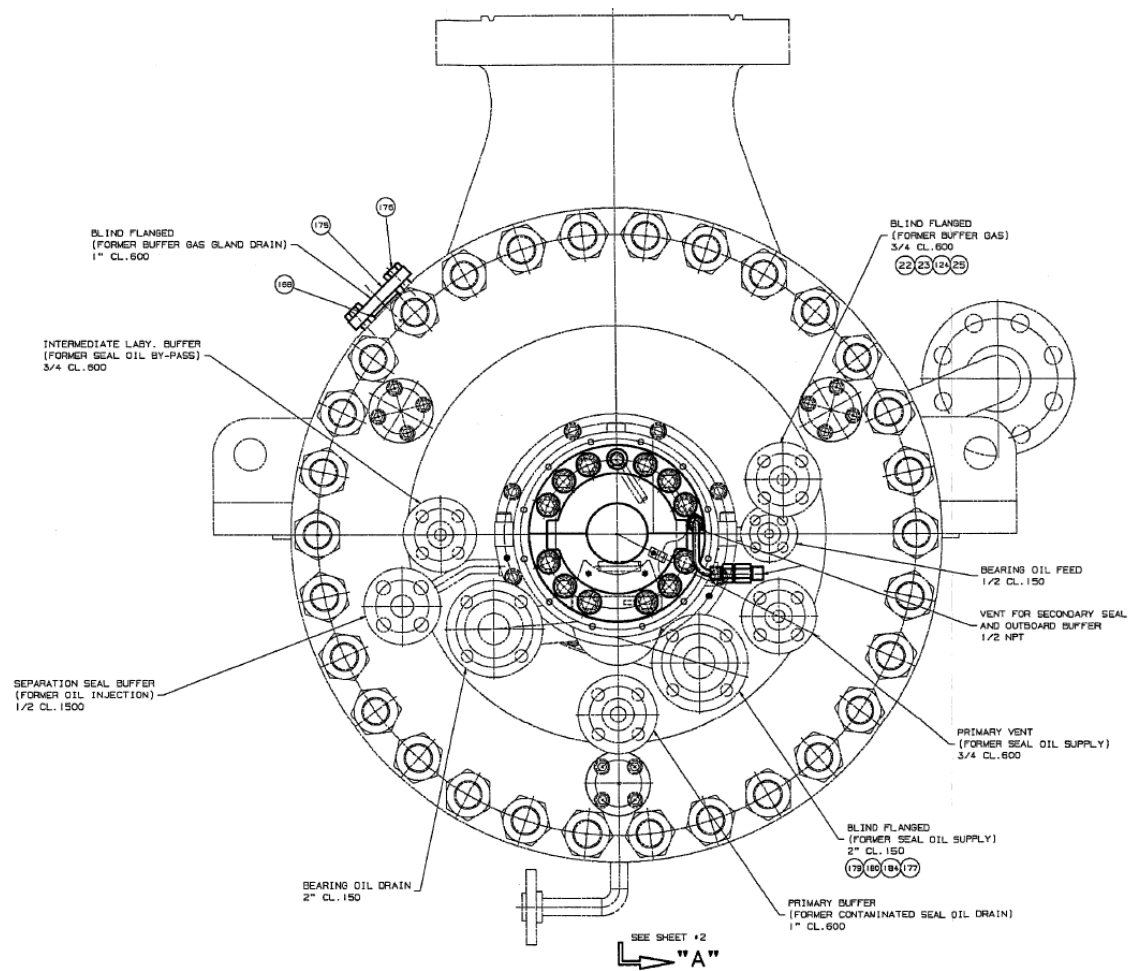
12. G4197B PATÍN AUXILIAR Y YOKE



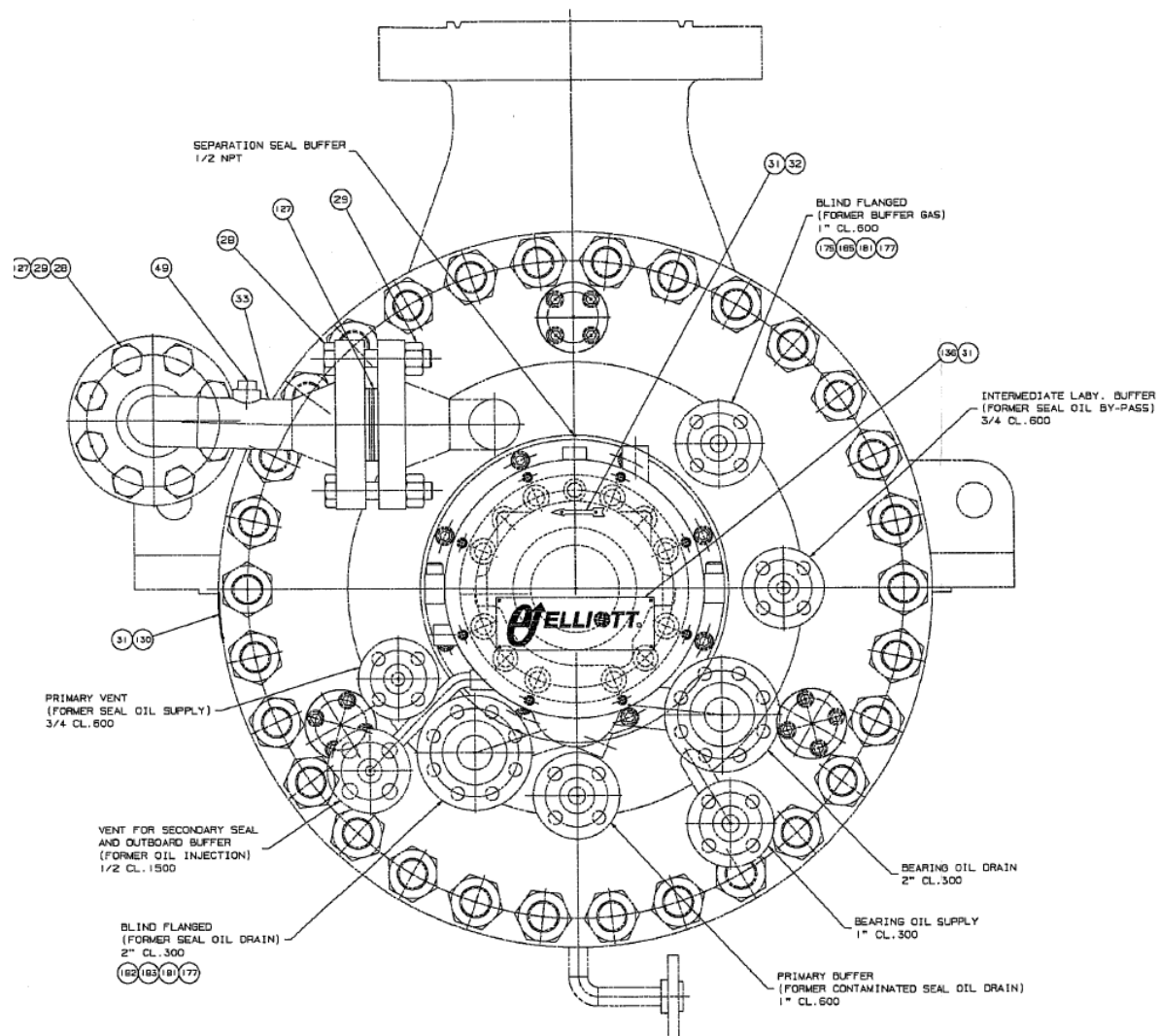
PLANOS FACI SC1301

1. WC-EC1754 COMPRESOR ENSAMBLADO



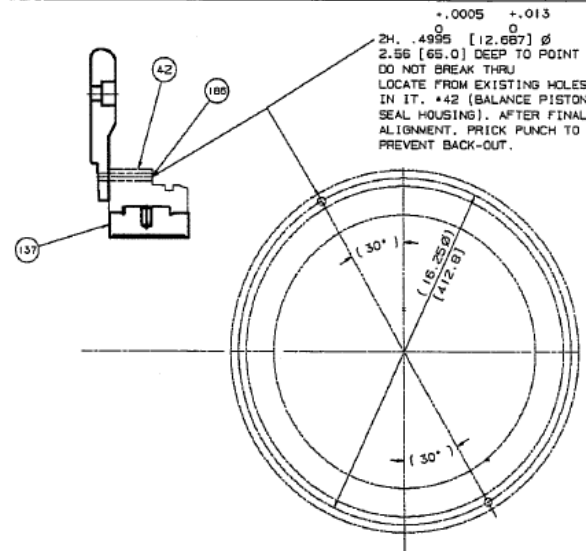


VIEW "B-B"



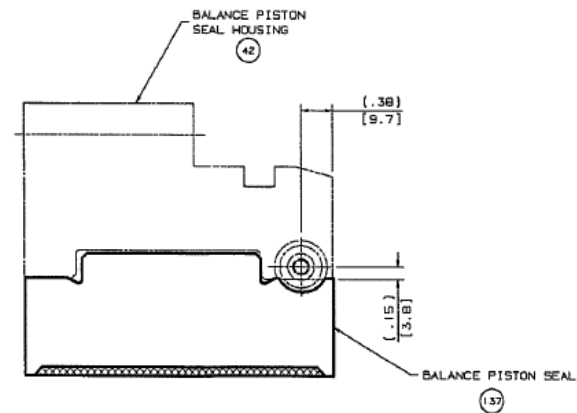
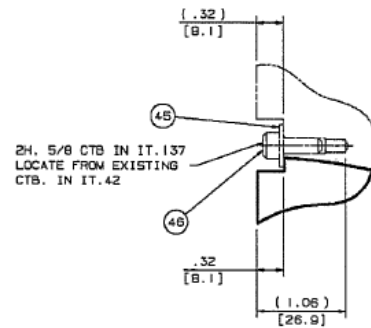
VIEW "C-C"

WC-EC1754



DETAIL "H"

DOWELING OF "EXISTING" BALANCE PISTON SEAL HOUSING TO "NEW" DISCHARGE WALL.
SEE SHEET #2

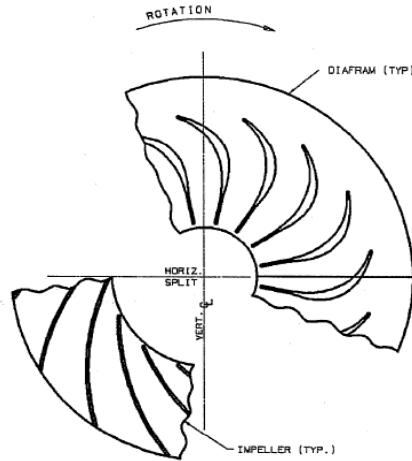


DETAIL "J"

GEOMAGNIFY = 4X
BALANCE PISTON SEAL
BOTH SIDES
BOTTOM HALF ONLY

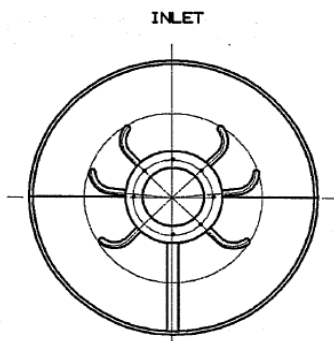
2. WC-EC1735 ENSAMBLE CARCASA INTERIOR

WC-EC1735



VIEW "A-A"

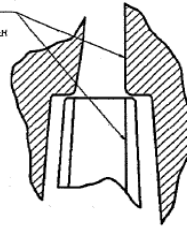
N.T.S.
SEE SHEET #2



VIEW "B-B"

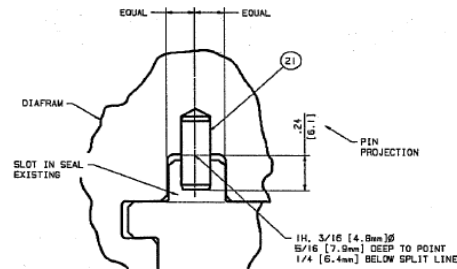
GEOMAGNIFY = .5X
SEE SHEET #2

ALL IMPELLERS TO BE
LOCATED FLUSH WITHIN
±.010 [1.30mm] WITH UPPUSH
WALLS.



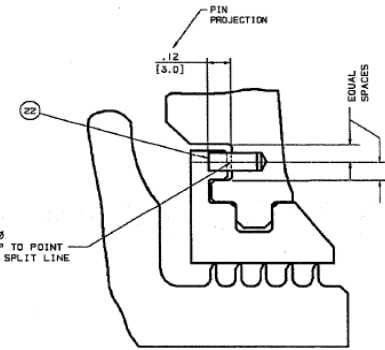
DETAIL "C"

N.T.S.
SEE SHEET #2



DETAIL "D"

GEOMAGNIFY = 8X
IMPELLER SEALS
TYP. 5 PLACES
SEE SHEET #2
SEE NOTE #2



DETAIL "E"

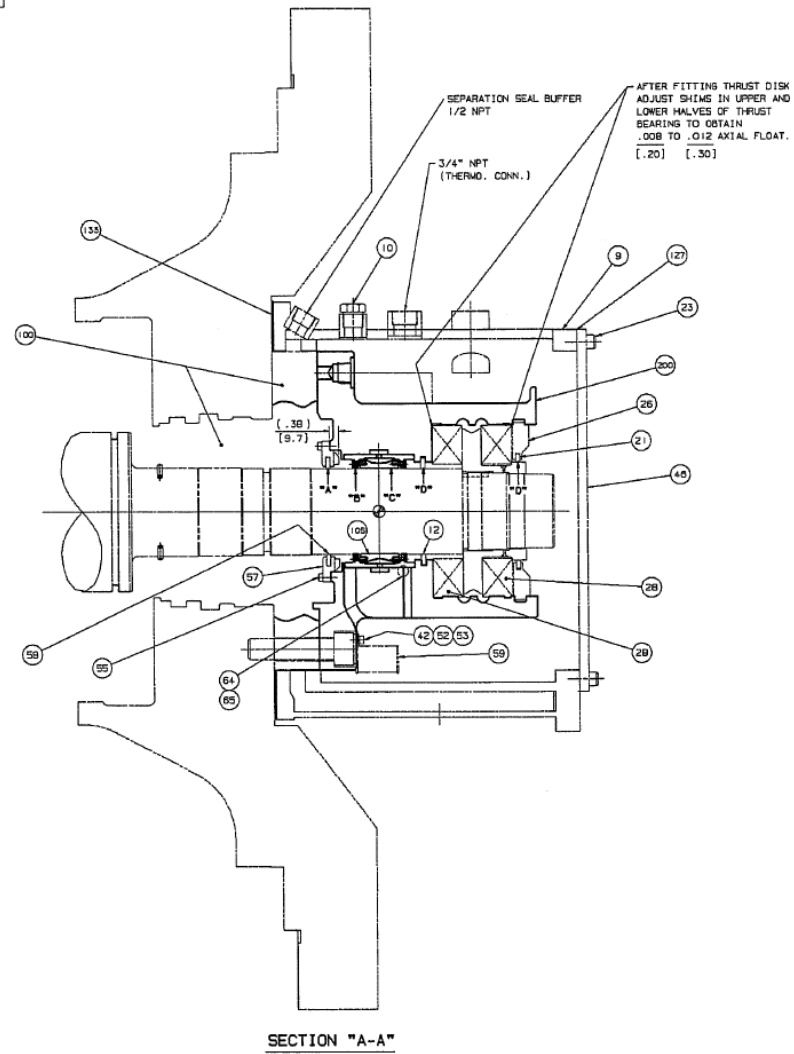
SHAFT SEALS
TYP. 4 PLACES
GEOMAGNIFY = 10X
SEE SHEET #2
SEE NOTE #2

NOTES:

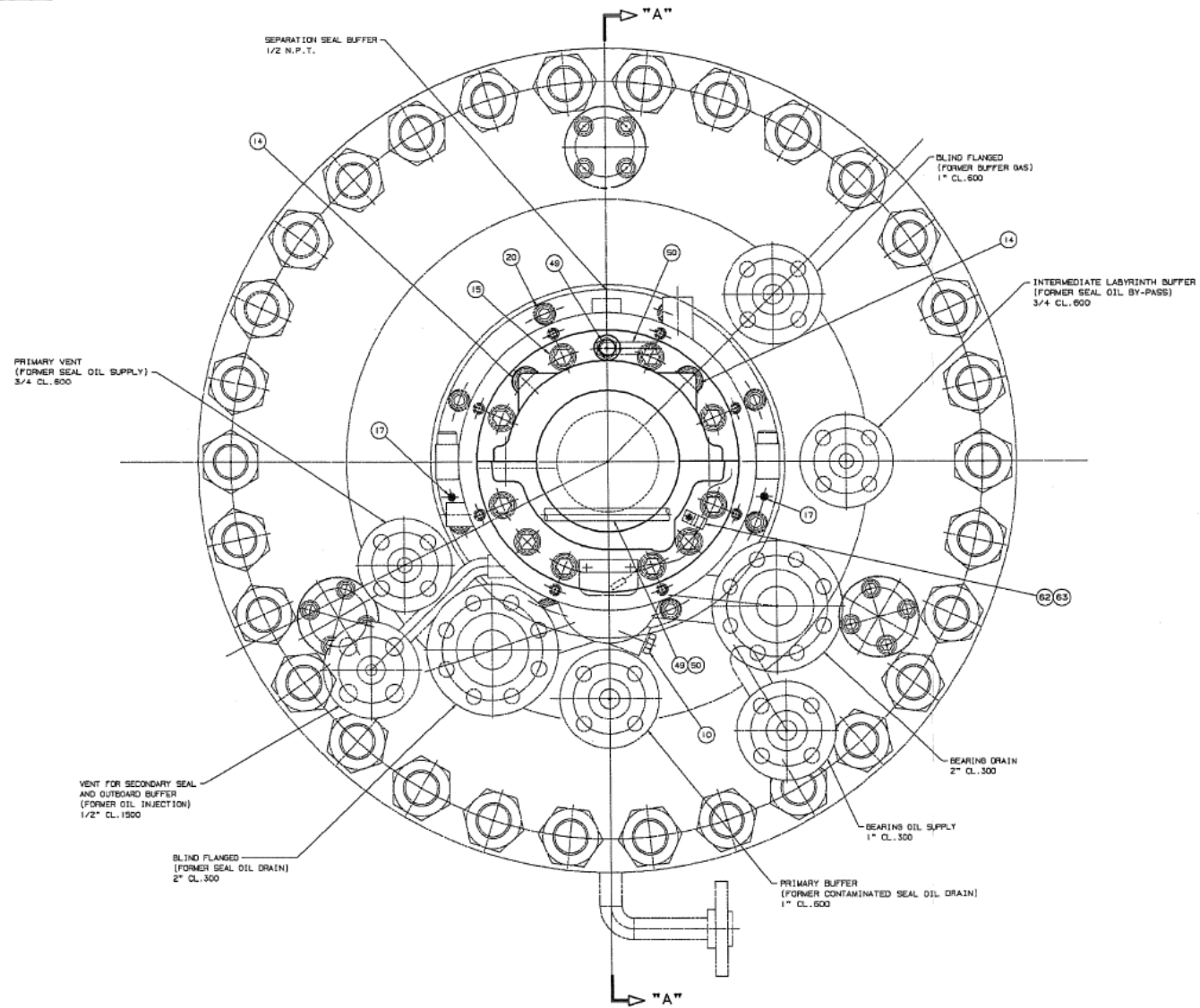
1. BOLTING MUST BE PULLED DOWN TO TORQUES SHOWN IN BOLTING CHART.
2. FOR IMPELLER AND SHAFT SEAL ANTI-ROTATION HARDWARE, 1 HOLE TOP LEFT SIDE FACING DISCHARGE END.
3. ROTOR CENTERING RINGS AND MOUNTING HARDWARE (ITEMS # 23, 24, 25 & 26) MUST BE REMOVED BEFORE FINAL ASSEMBLY IN OUTER CASING.
4. DIMENSIONS ABOVE THE LINE ARE IN INCHES. DIMENSIONS BELOW THE LINE ARE IN MILLIMETERS.

3. WC-EC1743 COJINETE Y SELLO LADO DESCARGA

WC-EC1743

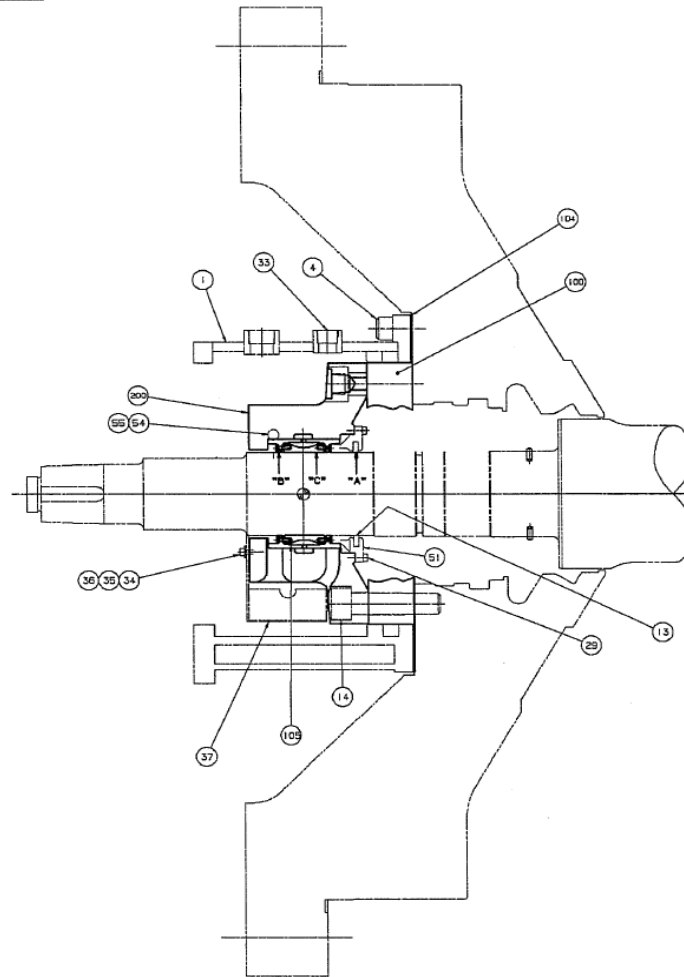


WC-EC1743

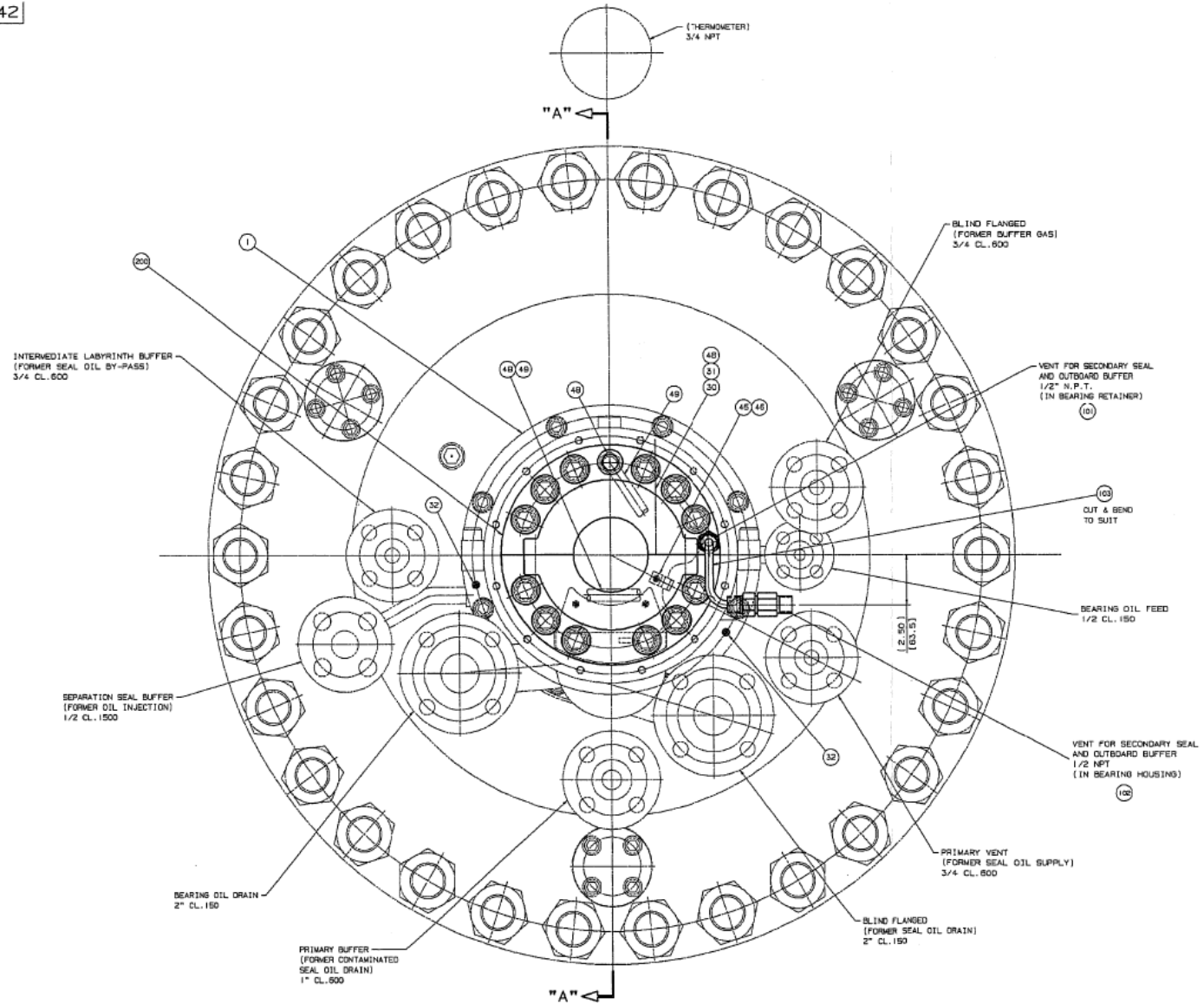


4. WC-EC1742

WC-EC1742



WC-EC1742

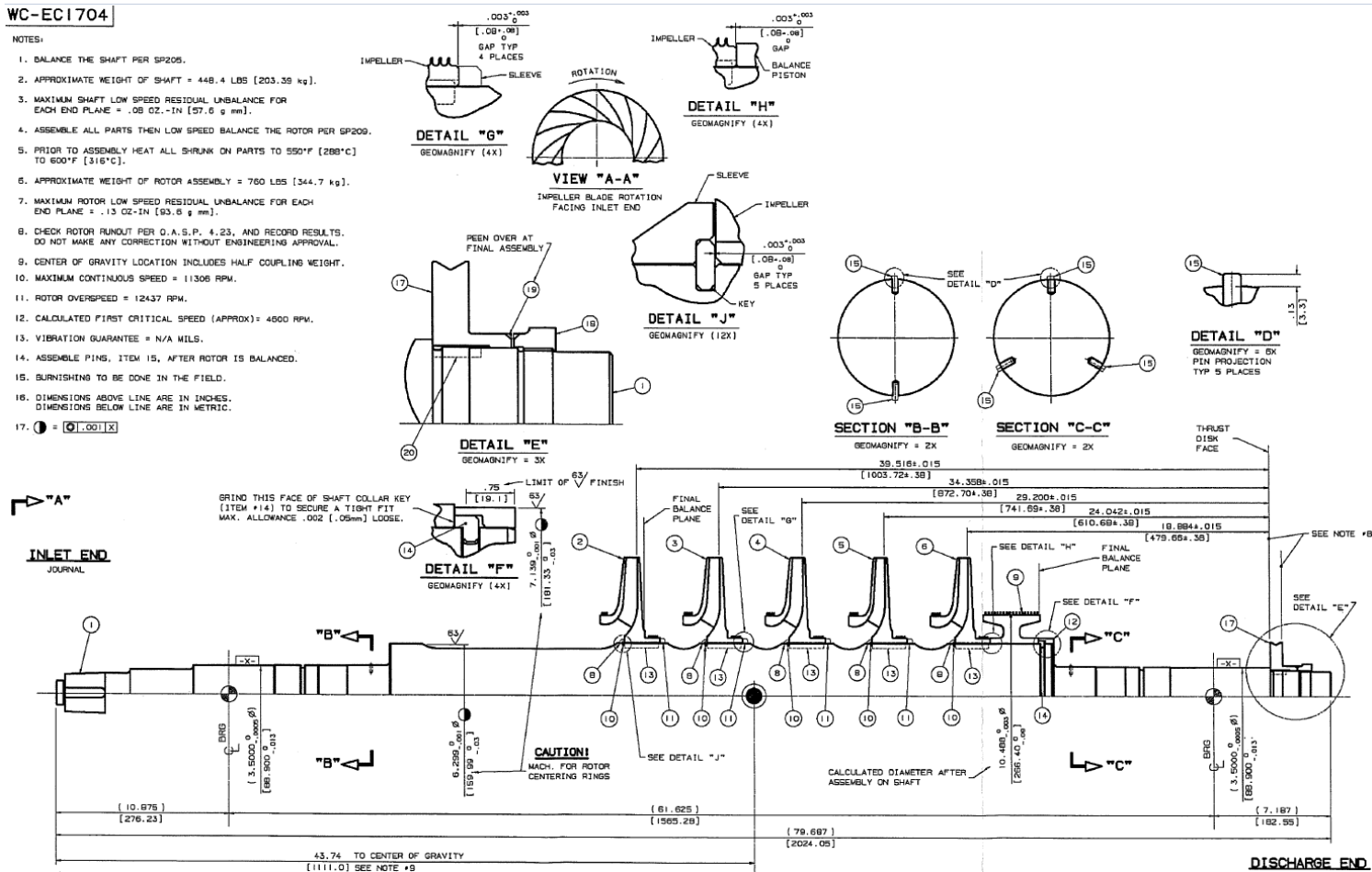


5. WC-EC1704 ROTOR ENSAMBLADO

WC-EC1704

NOTES:

1. BALANCE THE SHAFT PER SP205.
2. APPROXIMATE WEIGHT OF SHAFT = 448.4 LBS [203.39 kg].
3. MAXIMUM SHAFT LOW SPEED RESIDUAL UNBALANCE FOR EACH END PLANE = .08 OZ.-IN [57.0 g mm].
4. ASSEMBLE ALL PARTS THEN LOW SPEED BALANCE THE ROTOR PER SP209.
5. PRIOR TO ASSEMBLY HEAT ALL SHRUNK ON PARTS TO 550°F [288°C] TO 600°F [316°C].
6. APPROXIMATE WEIGHT OF ROTOR ASSEMBLY = 760 LBS [344.7 kg].
7. MAXIMUM ROTOR LOW SPEED RESIDUAL UNBALANCE FOR EACH END PLANE = .13 OZ.-IN [93.6 g mm].
8. CHECK ROTOR RUNOUT PER Q.A.S.P. 4.23, AND RECORD RESULTS. DO NOT MAKE ANY CORRECTION WITHOUT ENGINEERING APPROVAL.
9. CENTER OF GRAVITY LOCATION INCLUDES HALF COUPLING WEIGHT.
10. MAXIMUM CONTINUOUS SPEED = 11306 RPM.
11. ROTOR OVERSPEED = 12437 RPM.
12. CALCULATED FIRST CRITICAL SPEED (APPROX): 4500 RPM.
13. VIBRATION GUARANTEE = N/A MILS.
14. ASSEMBLE PINS, ITEM 15, AFTER ROTOR IS BALANCED.
15. BURNISHING TO BE DONE IN THE FIELD.
16. DIMENSIONS ABOVE LINE ARE IN INCHES. DIMENSIONS BELOW LINE ARE IN METRIC.
17. 



Anexo C. Plano sistema de sellos secos compresor SC1301.

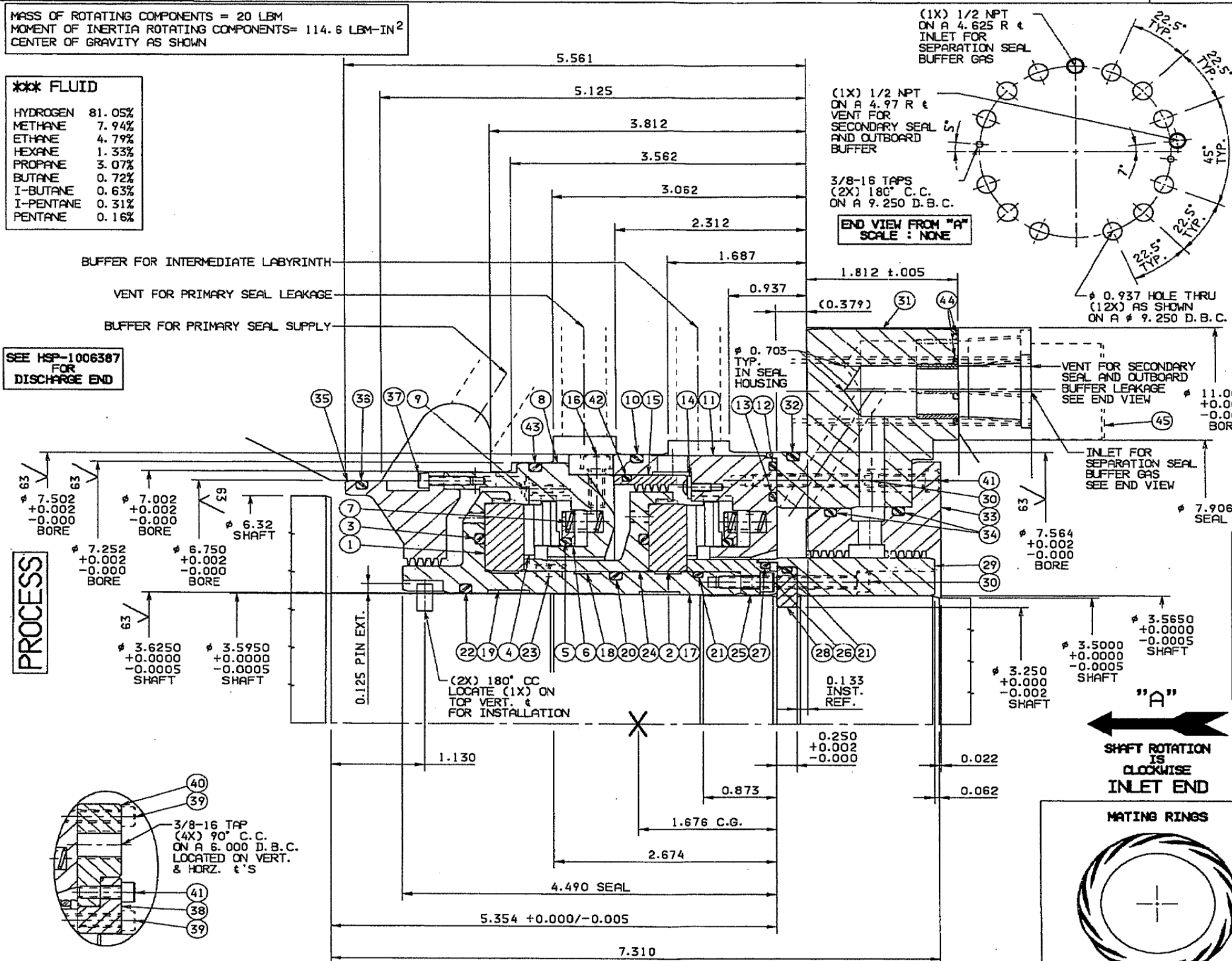
DRAWING No. HSP-1006386
ISSUE A
REVISIONS: A ORIGINAL ISSUE

MASS OF ROTATING COMPONENTS = 20 LBM
MOMENT OF INERTIA ROTATING COMPONENTS = 114.6 LBM-IN²
CENTER OF GRAVITY AS SHOWN

*** FLUID

HYDROGEN 81.05%
METHANE 7.94%
ETHANE 4.79%
HEXANE 1.33%
PROPANE 3.07%
BUTANE 0.72%
I-BUTANE 0.63%
I-PENTANE 0.31%
PENTANE 0.16%

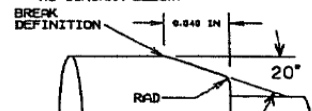
SEE HSP-1006387
FOR
DISCHARGE END



INSTALLATION PLATE VIEW
SCALE: 1:1

THE FOLLOWING NOTES ARE IMPORTANT AND MUST BE OBSERVED FOR CORRECT SEAL INSTALLATION AND OPERATION

1. REMOVE ALL SHARP EDGES ON SHAFT &/OR SLEEVE BEFORE INSTALLATION OF SEAL.
2. SURFACE OF SHAFT OR SLEEVE ON WHICH SEAL IS INSTALLED MUST BE MACHINED TO 63 RA FINISH OR BETTER.
3. LUBRICATE SHAFT/SLEEVE WITH DOW-CORNING #4 COMPOUND OR EQUIVALENT.
4. ~~DO NOT OIL OR GREASE THE SEAL LIPS OR THE MATING RINGS.~~
5. ~~DO NOT OIL OR GREASE THE SEAL LIPS OR THE MATING RINGS.~~
6. ~~DO NOT OIL OR GREASE THE SEAL LIPS OR THE MATING RINGS.~~
7. SHAFT OR SLEEVE MUST BE OF CORROSION RESISTANT MATERIAL WITH A HARDNESS OF 125 BRINELL MINIMUM & BE MACHINED TO DIMENSIONS & TOLERANCES STATED.
8. END OF SEAL CHAMBER & AXIS OF SHAFT MUST BE AT 90° TO EACH OTHER WITHIN 0.002 F.I.M.
9. ~~DO NOT OIL OR GREASE THE SEAL LIPS OR THE MATING RINGS.~~
10. ~~DO NOT OIL OR GREASE THE SEAL LIPS OR THE MATING RINGS.~~
11. ~~DO NOT OIL OR GREASE THE SEAL LIPS OR THE MATING RINGS.~~
12. ALL SHOULDERS OVER WHICH SEAL MUST PASS WHEN FITTING TO BE PREPARED AS DIAGRAM BELOW.



ITEM	COMPONENT	DESCRIPTION	MATERIAL	SPARES QTY
1	H28 4937 175 9206	MATING RING	TUNGSTEN CARBIDE	1
2	H28 4937 158 9206	MATING RING	TUNGSTEN CARBIDE	1
3	0000 250 9549	O-RING	VITON	2
4	H28 4937 100 9028	PRIMARY RING	CARBON	2
5	0000 249 9549	O-RING	VITON	2
6	H28 4937 104 0635	DISC	410 S.S.	2
7	7046	SPRING	HASTELLOY "C"	24
8	C28 4937 1004 0635	RETAINER	410 S.S.	1
9	2104 4004 500 0687	BUTTON HEAD CAP SCREW	HASTELLOY "C"	6
10	0000 262 9549	O-RING	VITON	1
11	C28 4937 1005 0635	RETAINER	410 S.S.	1
12	0000 167 9549	O-RING	VITON	1
13	0000 163 9549	O-RING	VITON	1
14	D 0001 486 0635	WASHER	410 S.S.	6
15	C28 6500 1002 1861	LABYRINTH	ALUMINUM	1
16	2110 3208 000 0687	SOCKET HEAD CAP SCREW	HASTELLOY "C"	12
17	C28 3625 1001 0635	SLEEVE END FACE	410 S.S.	1
18	9208 1322 315 1825	TOLERANCE RING	MONEL K-500	3
19	9208 1222 490 1825	TOLERANCE RING	MONEL K-500	2
20	0000 241 9549	O-RING	VITON	1
21	0000 155 9549	O-RING	VITON	2
22	0000 239 9549	O-RING	VITON	1
23	S881 791X XXX 0635	DRIVE BUTTON	410 S.S.	2
24	C28 4937 1006 0635	SPACER SLEEVE	410 S.S.	1
25	C28 3625 1003 0635	RETAINING COLLAR	410 S.S.	1
26	2108 3208 000 0687	SOCKET HEAD CAP SCREW	HASTELLOY "C"	8
27	0000 156 9549	O-RING	VITON	1
28	C28 3250 1006 0635	THRUST RING	410 S.S.	1
29	C28 3625 1004 0635	RETAINING COLLAR	410 S.S.	1
30	2108 3220 000 0225	SOCKET HEAD CAP SCREW	HARDENED STEEL	16
31	C281 1000 1001 0635	HOUSING	410 S.S.	1
32	0000 263 9549	O-RING	VITON	1
33	C28 4625 1001 1861	LABYRINTH	ALUMINUM	1
34	0000 256 9549	O-RING	VITON	2
35	C28 4375 1003 1861	LABYRINTH	ALUMINUM	1
36	0000 259 9549	O-RING	VITON	1
37	2105 4008 000 0687	SOCKET HEAD CAP SCREW	HASTELLOY "C"	8
38	C28 4937 1007 0500	INSTALLATION PLATE	STAINLESS STEEL	1
39	2108 3212 000 0225	SOCKET HEAD CAP SCREW	HARDENED STEEL	16
40	C28 4937 1008 0500	INSTALLATION PLATE	STAINLESS STEEL	1
41	2108 3208 000 0225	SOCKET HEAD CAP SCREW	HARDENED STEEL	12
42	0000 165 9549	O-RING	VITON	1
43	0000 261 9549	O-RING	VITON	1
44	0000 018 9549	O-RING	VITON	2
45	BY CUSTOMER	SOCKET HEAD CAP SCREW		12

PATENT NOS. 4, 212, 475		BILL OF MATERIALS NUMBER	
ROTOR ASS'Y NO.	A28-3625-1001	SEAL HD.	
SEAL ASS'Y NO.	IN- A28-4157-1001	SEAL HD.	
OUT- A28-4157-1002		ROTOR	
MTG. RG. ASS'Y NO.	IN- A28-4157-1002	INST. KIT	A28-0000-1013 M101987
OUT-		COMPLETE	I - 44 M101985
		MTB. RG.	
		ASS'Y.	ITEMS NUMBER

EQUIPMENT REFERENCE:		CUSTOMER INFORMATION:	
UNIT BY:	ELLIOTT COMPANY	CUSTOMER:	ELLIOTT COMPANY
EQUIPMENT TYPE:		P.O. NO.	P197160
☐ PUMP ☐ AGITATOR		END USER:	ECOPETROL
☒ COMPRESSOR ☐ OTHER		LOCATION:	COLOMBIA
MODEL/SIZE	25B7-5	REQ. NO.	PR584618 (J-8008R1)
SERIAL NO.		INSTALLED AT:	COLOMBIA, S.A.

SEAL DATA	
SEAL DESCRIPTION	MATERIAL CODE
A.P.I. CODE	JB/08 X F28 1 X 052 H 410
	A.P.I. PLAN

SERVICE DATA	
FLUID	BARRIER FLUID

SEAL PRESS.	SUCT. PRESS.
269.7 PSIA 255 PSIG	284.7 PSIA 250 PSIG
TEMPERATURE	DISCH. PRESS.
183°F	434.7 PSIA 420 PSIG
SHAFT SPEED	SP. GR.
11,306 RPM (MCS)	
HAZARD CODE	

REFERENCE DATA	
PSD-2049	DATE
HSP-39767-1	6/28/01
FILE REFERENCE	CAT
US02EN	

DRAWING No. HSP-1006386		ISSUE A
-------------------------	--	---------

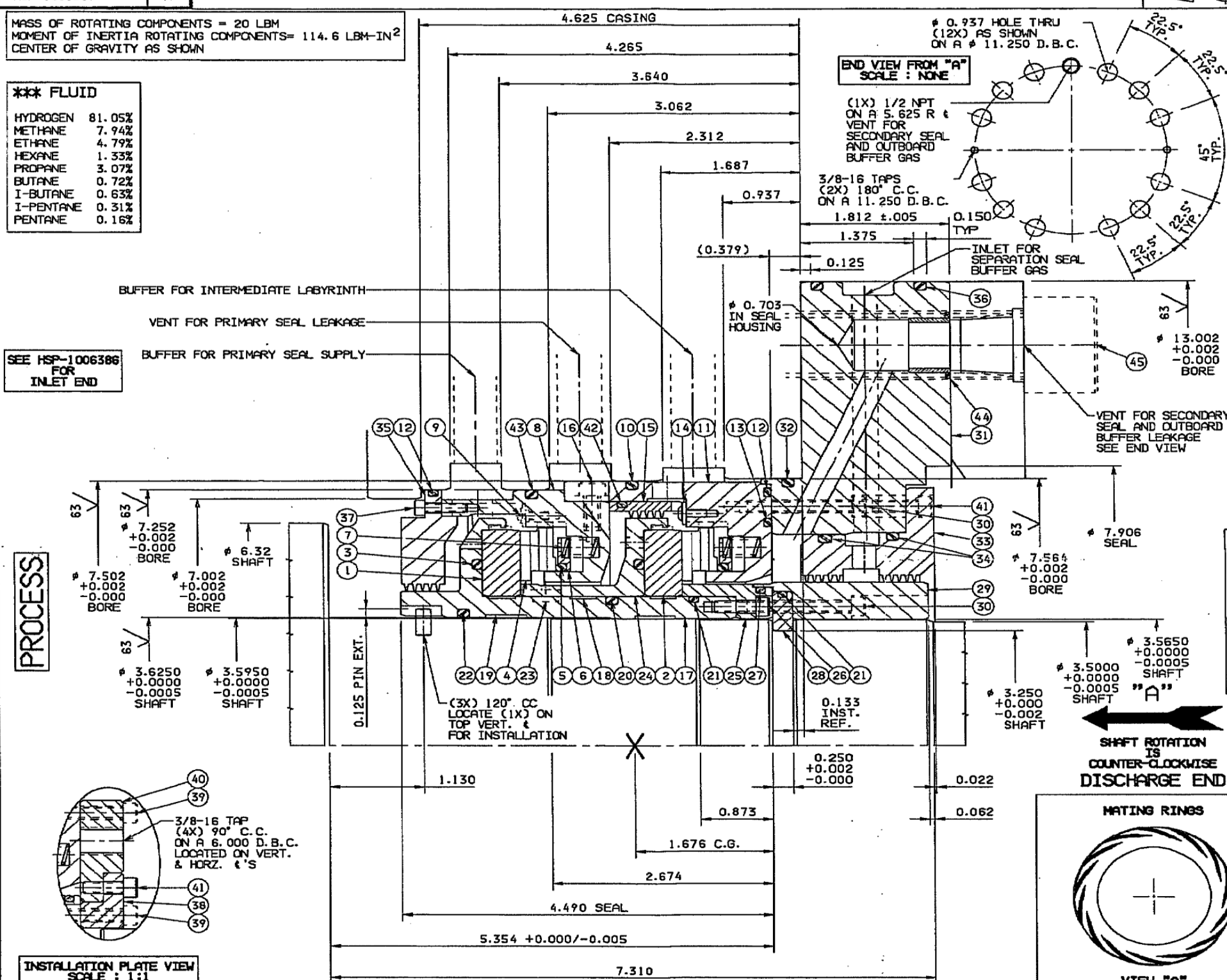
CAD ENGINEERED	SEAL SIZE: 4.937	TEST PROCEDURE NO.: GTP-580
	SEAL TYPE: T-28AT TANDEM	CUSTOMER PART NO.: PR584618-1

JOHN CRANE INC.
International Sealing Systems
6400 Oakton Street
Morton Grove, IL 60053, U.S.A.

A02051 J28008R1 P197160 PR584618-1

MASS OF ROTATING COMPONENTS = 20 LBM
MOMENT OF INERTIA ROTATING COMPONENTS= 114.6 LBM-IN²
CENTER OF GRAVITY AS SHOWN

*** FLUID	
HYDROGEN	81.05%
METHANE	7.94%
ETHANE	4.79%
HEXANE	1.33%
PROPANE	3.07%
BUTANE	0.72%
I-BUTANE	0.63%
I-PENTANE	0.31%
PENTANE	0.16%



ATMOSPHERE

ITEM	COMPONENT	DESCRIPTION	MATERIAL	SFARS QTY
1	H28 4937 176 9206	MATING RING	TUNGSTEN CARBIDE	1
2	H28 4937 157 9206	MATING RING	TUNGSTEN CARBIDE	1
3	0000 250 9549	O-RING	VITON	2
4	H28 4937 100 9028	PRIMARY RING	CARBON	2
5	0000 249 9549	O-RING	VITON	2
6	H28 4937 104 0635	DISC	410 S.S.	2
7	7046	SPRING	HASTELLOY "C"	24
8	C28 4937 1004 0635	RETAINER	410 S.S.	1
9	2104 4004 500 0687	BUTTON HEAD CAP SCREW	HASTELLOY "C"	6
10	0000 262 9549	O-RING	VITON	1
11	C28 4937 1005 0635	RETAINER	410 S.S.	1
12	0000 167 9549	O-RING	VITON	2
13	0000 163 9549	O-RING	VITON	1
14	D 0001 486 0635	WASHER	410 S.S.	6
15	C28 6500 1002 1861	LABYRINTH	ALUMINUM	1
16	2110 3208 000 0687	SOCKET HEAD CAP SCREW	HASTELLOY "C"	12
17	C28 3625 1002 0635	SLEEVE END FACE	410 S.S.	1
18	9208 1322 315 1825	TOLERANCE RING	MCNEL K-500	3
19	9208 1222 490 1825	TOLERANCE RING	MCNEL K-500	2
20	0000 241 9549	O-RING	VITON	1
21	0000 155 9549	O-RING	VITON	2
22	0000 239 9549	O-RING	VITON	1
23	S881 791X XXX 0635	DRIVE BUTTON	410 S.S.	2
24	C28 4937 1006 0635	SPACER SLEEVE	410 S.S.	1
25	C28 3625 1003 0635	RETAINING COLLAR	410 S.S.	1
26	2108 3208 000 0687	SOCKET HEAD CAP SCREW	HASTELLOY "C"	8
27	0000 156 9549	O-RING	VITON	1
28	C28 3250 1006 0635	THRUST RING	410 S.S.	1
29	C28 3625 1004 0635	RETAINING COLLAR	410 S.S.	1
30	2108 3220 000 0225	SOCKET HEAD CAP SCREW	HARDENED STEEL	16
31	C281 1000 1002 0635	HOUSING	410 S.S.	1
32	0000 263 9549	O-RING	VITON	1
33	C28 4625 1001 1861	LABYRINTH	ALUMINUM	1
34	0000 256 9549	O-RING	VITON	2
35	C28 4375 1004 1861	LABYRINTH	ALUMINUM	1
36	0000 278 9549	O-RING	VITON	2
37	2105 4008 000 0687	SOCKET HEAD CAP SCREW	HASTELLOY "C"	8
38	C28 4937 1007 0500	INSTALLATION PLATE	STAINLESS STEEL	1
39	2108 3212 000 0225	SOCKET HEAD CAP SCREW	HARDENED STEEL	16
40	C28 4937 1008 0500	INSTALLATION PLATE	STAINLESS STEEL	1
41	2108 3208 000 0225	SOCKET HEAD CAP SCREW	HARDENED STEEL	12
42	0000 165 9549	O-RING	VITON	1
43	0000 261 9549	O-RING	VITON	1
44	0000 018 9549	O-RING	VITON	1
45	BY CUSTOMER	SOCKET HEAD CAP SCREW		12

PATENT NOS. 4,212,475		BILL OF MATERIALS NUMBER	
ROTOR ASS'Y NO. A28-3625-1002	SEAL HD		
	SEAL HD.		
	SEAL HD		
SEAL ASS'Y NO. IN- A28-4957-1001 OUT- A28-4957-1002	ROTOR		
	INST. KIT	A28-0000-1015	H103297
MTG. RG. ASS'Y NO. IN- OUT-	COMPLETE	1 - 44	H101986
	MTG. RG.		
	ASS'Y.	ITEMS	NUMBER

EQUIPMENT REFERENCE:		CUSTOMER INFORMATION:	
UNIT BY:	ELLIOTT COMPANY	CUSTOMER:	ELLIOTT COMPANY
EQUIPMENT TYPE:		P. O. NO.	PL97160
☐ PUMP	☐ AGITATOR	END USER:	ECOPETROL
☒ COMPRESSOR	☐ OTHER	LOCATION:	COLOMBIA
MODEL/SIZE	25B-75	REQ. NO.	PR584618 (J-8008R1)
SERIAL NO.		INSTALLED AT:	CI OMATE, S.A.

SEAL DATA	
SEAL DESCRIPTION	MATERIAL CODE
	IB/OS X F28 1 X OS2 H 410
A.P.I. CODE	A.P.I. PLAN

SERVICE DATA		
FLUID		BARRIER FLUID

SEAL PRESS. 264.7 PSIA 255 PSIG	SUCT. PRESS. 284.7 PSIA 250 PSIG	VISC. AT P. T.
TEMPERATURE 185°F	DISC. PRESS. 434.7 PSIA 420 PSIG	V. P. AT P. T.
SHAFT SPEED 1725 RPM (MCR)	SP. GR.	HAZARD CODE

REFERENCE DATA		DRAWN	DATE	CHK'D	APP'D	SCALE	INST COI
HSP-59768-1 PSD-2050		JAB	6/28/01	DO	MRS	1:1	N/A
FILE REFERENCE		CAT		DRAWING No.		ISSUE	
LS02EN							

SEAL SIZE: 4.937
SEAL TYPE: T-28AT TANDEM

TEST PROCEDURE NO. : GTP-580
CUSTOMER PART NO. : P3584618-2

John Crain

JOHN CRANE INC.
International Sealing Systems
6400 Oakton Street
Morton Grove, IL 60053, U.S.A.

1. REMOVE ALL SHARP EDGES ON SHAFT &/OR SLEEVE BEFORE INSTALLATION OF SEAL.
2. SURFACE OF SHAFT OR SLEEVE ON WHICH SEAL IS INSTALLED MUST BE MACHINED TO (.63) RA FINISH OR BETTER.
3. LUBRICATE SHAFT/SLEEVE WITH OIL AND/OR RING OILS TO ASSIST INSTALLATION OF SEAL WITH DON-CORNING RA COPOLYMER EQUIVALENT.
4. ~~DO NOT USE ANY OTHER TYPE OF LUBRICANT SUCH AS GREASE OR SOLUBLE OILS.~~
5. ~~DO NOT OVER-TIGHTEN NUTS AFTER THE FIRST TWO TURNS. OVER-TIGHTENING WILL DAMAGE THE~~

7. SHAFT OR SLEEVE MUST BE OF CORROSION RESISTANT MATERIAL WITH A HARDNESS OF 125 BRINELL MINIMUM & BE MACHINED TO DIMENSIONS & TOLERANCES STATED.

8. END OF SEAL CHAMBER & AXIS OF SHAFT MUST BE AT 90° TO EACH OTHER WITHIN 0.002 F.I.M.

11. ~~ALL SHOULDERS OVER WHICH SEAL MUST PASS WHEN FITTING, TO BE PREPARED AS DIAGRAM BELOW.~~

12. ~~ALL SHOULDERS OVER WHICH SEAL MUST PASS WHEN FITTING, TO BE PREPARED AS DIAGRAM BELOW.~~

The diagram shows a cross-section of a shoulder. A horizontal line represents the top surface. A vertical line indicates a shoulder. A dimension line above the shoulder indicates a width of 0.040 IN. A dimension line on the right indicates a radius of 20°. A label 'RAD' points to the curved surface of the shoulder.

THIS CONFIDENTIAL DESIGN IS OWNED BY JOHN CRANE-HOULDRIE, INC. AND MAY NOT BE USED EXCEPT IN CONFIDENCE AND FOR THE BENEFIT OF JOHN CRANE-HOULDRIE, INC. ALL RIGHTS ARE RESERVED. THIS MEDIUM (PRINT, MAGNETIC TAPE ETC.) IS SUBJECT TO RETURN ON DEMAND ALONG WITH ALL COPIES AND ALL IMPROVEMENTS. DESIGNS AND PROPERTY DERIVED THEREFROM.

AG2052 J28008R1 A97160 PR584618.2

**Anexo D. Formatos de actualización de catálogos e inventarios equipos
piloto**

FACI COMPRESOR HYPER SC2253

NO DILIGENCIA



FORMA PARA ACTUALIZAR CATALOGO E INVENTARIO EN ELLIPSE

F A C I No.

Para el ADIN o Catalogador

1

ORIGINADOR:

Distrito:

GRB

Dependencia:

10000308

Fecha:

aa / mm / dd

20141112

Nombre y Apellido:

Solicitante

Reg.

Nombre y Apellido:

Autorizador - Soporte Técnico Catálogo

Reg.

2

INFORMACIÓN DE CATÁLOGO E INVENTARIOS:

(TA) TIPO DE ACTUALIZACIÓN:

ELIMINAR

E

MODIFICAR

M

REFERENCIA CRUZADA

FUSIONAR

F

ADICIONAR

A

* FC: Fabricar Con; SI: Sustituto Menor; SM: Sustituto Mayor; UC: Utilizar Con; AE: Agotar Existencias; ER: Existe Recuperado.

(UM) UNIDAD DE MEDIDA:

CT MT KT LB JT QT IN ST
EA SF BG FT RO M3 CY CO
BX CN SH DM KG PT FR GA
DZ BT ML CF TM YD OZ PR

PC
CRPI
CRMN
CRMG

Preferencia de Compra
Cantidad Requerida Para Inicio
Cantidad Requerida para un Mto Normal
Cantidad Requerida para un Mto General

VU
ROP
ROQ
MIN

Valor Unitario (\$)
Punto de reorden
Cantidad a pedir
Inventario mínimo

CL

Clasificación según impacto operacional *

CRITICO
SOPORTE

K

S

ESENCIAL
USUARIO

E

U

ESPECIAL
NO REORDENAR

P

N

#	TA	Código	Descripción	Drawing	Ítem	UM	N° parte	Nemónico	P C	Nombre popular	Equipo/Com p/EGI	Código ¹	CRPI	CRMN	CRMG	CL	VU	ROP	ROQ	MIN
1		004534020	CILINDRO	F25766AA	1	EA	1F43439	DRESSER	01	CILINDRO	SC-2253					U		0	0	0
2		000477133	BIRLO DEL CABEZAL EXTERNO	F25766AA	2	EA	1R50161	DRESSER	01	BIRLO DEL CABEZAL EXTERNO	SC-2253					U		0	0	0
3		000477141	BIRLO	F25766AA	5	EA	R46279	DRESSER	01	BIRLO	SC-2253					U		0	0	0
4	M	000477257	RONDANA	F25766AA	7	EA	W62051	DRESSER	01	RONDANA	SC-2253					E		6	4	6
5	M	003674041	BIRLO	F25766AA	8	EA	W119700P1	DRESSER	01	BIRLO	SC-2253					E		1	1	1
6	M	003674058	TUERCA	F25766AA	9	EA	38A4K9	DRESSER	01	TUERCA	SC-2253					E		2	2	0
7	M	003674009	BRIDA CABEZA EXTERIOR	F25766AA	11	EA	W104480	DRESSER	01	BRIDA CABEZA EXTERIOR	SC-2253					U		0	0	0
8	M	003674066	PERNO GUÍA	F25766AA	13	EA	17A13A287	DRESSER	01	PERNO GUÍA	SC-2253					K		2	2	2
9		004534160	CABEZA EXTERNA DEL CILINDRO	F25766AA	14	EA	H65683	DRESSER	01	CABEZA EXTERNA DEL CILINDRO	SC-2253					U		0	0	0
10	M	004534616	VÁLVULA 750DPBLP	F25766AA	15	EA	750DPBLPH64655D	DRESSER	01	VÁLVULA 750DPBLP	SC-2253					K		2	2	2
11	M	004534475	CAMISA DEL CILINDRO EXTREMO EXTERNO	F25766AA	16	EA	H65682	DRESSER	01	CAMISA DEL CILINDRO EXTREMO	SC-2253					K		1	1	1
12	M	004534061	SELLO DE GAS COMPLETO	F25766AA	17	EA	MLH65699G1	DRESSER	01	EMPAQUE COMPLETO	SC-2253					K		1	2	1
13	M	004534376	ANILLOS DE SELLO	F25766AA	18	EA	H37446T46	DRESSER	01	RETÉN	SC-2253					K		2	4	2
14	M	004534517	ESPACIADOR DEL FONDO DEL CILINDRO	F25766AA	19	EA	H65697	DRESSER	01	ESPACIADOR DEL FONDO DEL CILINDRO	SC-2253					K		2	2	2
15	M	000476259	PERNO ROLADO	F25766AA	20	EA	25A13C243	DRESSER	01	PERNO ROLADO	SC-2253					E		2	2	2
16	M	000476242	PERNO ROLADO	F25766AA	21	EA	25A13C170	DRESSER	01	PERNO ROLADO	SC-2253					E		2	2	2
17	M	004534400	SELLO DEL CILINDRO BARRENO 7.50	F25766AA	22	EA	W155356N	DRESSER	01	SELLO DEL CILINDRO BARRENO 7.50	SC-2253					K		4	4	4
18	M	004534319	EMPAQUE DEL ÉMBOLO DE VENTILACION	F25766AA	23	EA	W155923	DRESSER	01	EMPAQUE DEL ÉMBOLO DE VENTILACIÓN	SC-2253					K		1	1	1
19	M	004533832	ANILLOS RENOVACIÓN	F25766AA	24	EA	W155923R	DRESSER	01	ANILLOS RENOVACIÓN	SC-2253					K		4	2	4
20	M	004534202	EMPQUE	F25766AA	25	EA	X1498T36	DRESSER	01	JUNTA	SC-2253					K		2	2	2
21	M	004534152	BRIDA DE ENFRIAMIENTO	F25766AA	26	EA	R62444A	DRESSER	01	BRIDA DE ENFRIAMIENTO	SC2253					K		1	1	1
22	M	004534418	SELLO ÉMBOLO ACEITE FRÍO	F25766AA	27	EA	W128595A	DRESSER	01	SELLO ÉMBOLO ACEITE FRÍO	SC-2253					K		8	6	8
23	M	004533824	O-RING	F25766AA	28	EA	20A11CM438	DRESSER	01	O-RING	SC-2253					K		2	2	2
24	M	004534152	FLANGE COOL GLAN	F25766AA	29	EA	R62444A	DRESSER	01	FLANGE COOL GLAN	SC2253					K		1	1	1
25	M	004533931	TORNILLO	F25766AA	30	EA	B11222E	DRESSER	01	TORNILLO	SC-2253					E		4	2	4
26	M	004533964	TORNILLO DE LA TAPA	F25766AA	31	EA	119A2A150	DRESSER	01	TORNILLO DE LA TAPA	SC2253					E		2	2	2
27		004534046	PLUNGER 4,375	F25766AA	32	EA	H65698	DRESSER	01	EMBOLO	SC-2253					K		1	1	1
28	M	000472928	ADAPTER	F25766AA	33	EA	W93580	DRESSER	01	ADAPTADOR	SC2253					E		8	8	8
29	M	000476457	NUT GLAND	F25766AA	34	EA	W72293	DRESSER	01	TUERCA DEL RETEN	SC2253					E		8	8	8
30	M	004534582	TUBE CYL LUBR	F25766AA	35	EA	W119998	DRESSER	01	TUBO DE LUBICACION DEL CILINDRO	SC-2253					K		2	4	2
31	M	004533790	RING CONE	F25766AA	36	EA	W83481P1	DRESSER	01	ANILLO CONICO	SC-2253					E		2	4	2
32	M	000473041	COLLAR TUBE	F25766AA	38	EA	W93582	DRESSER	01	TUBO COLLARIN	SC2253					E		2	4	2
33	M	003674017	FLANGE OH INLT	F25766AA	39	EA	W106715	DRESSER	01	BRIDA DE ADMISION DE LA CABEZA EXTERIO	SC-2253					K		1	1	1
34	M	004533857	SEATINLET	H64655D	1	EA	F28510	DRESSER	01	ASINTO DEE ADMISION	SC-2253					K		2	2	2
35	M	004533873	SEAT DISCHARGUE	H64655D	2	A	F28511	DRESSER	01	ASIENTO DE DESCARGA	SC-2253					K		2	2	2
36	M	004534285	STOP PLATE	H64655D	3	EA	F28509A	DRESSER	01	PLACA DE PARADA DE DISCO DE	SC-2253					K		2	2	2
37	M	004534624	POPPET VALVE	H64655D	4	EA	R58829P18	DRESSER	01	VALVULA TIPO CASQUILLO	SC-2253					K		54	54	54
38	M	004534327	SPRING	H64655D	5	EA	PP1471	DRESSER	01	RESORTE	SC-2253					K		54	54	54
39	M	004534541	STUD VALVE	H64655D	6	EA	W104439	DRESSER	01	BIRLO DE LA VALVULA	SC-2253					K		12	4	12
40	M	000473256	NUT ALLEN	H64655D	7	EA	70A4A6	DRESSER	01	TUERCA ALLEN	SC-2253					K		21	21	21
41	M	001420397	LOCKWASHER	H64655D	8	EA	14A5C55	DRESSER	01	ARANDELA DE SGURIDAD	SC2253					K		21	21	21
42	M	004533949	BUJE	H65699	7	EA	H65674	DRESSER	01	BUJE DEL SELLO	SC-2253					K		2	2	2
43	M	001420397	LOCKWASHER	H65699	9	EA	14A5C55	DRESSER	01	RONDANA DE SEGURIDAD	SC2253					K		8	30	8
44	M	000473256	NUT ALLEN	H65699	10	EA	70A4A6	DRESSER	01	TUERCA ALLEN	SC-2253					K		2	1	2
45	M	004533915	BLOCK & ADAPTER	B48226E	1	EA	MLW113529G1	DRESSER	01	BLOQUE Y ADAPTADOR	SC-2253					K		2	2	2
46	M	004534509	SLEEVE PLGR CONN	B48226E	2	EA	R62447	DRESSER	01	CONECTOR DE CAMISA DEL EMBOLO	SC-2253					E		1	1	1
47	M	004534194	INSERT PLUNGER	B48226E	3	EA	W128596	DRESSER	01	INSERTO	SC-2253					K		2	2	2
48	M	004533998	COLLAR SPLIT	B48226E	4	EA	W128598	DRESSER	01	ANILLO COLLARIN	SC-2253					K		2	2	2
49	M	004534343	SPRING	B48226E	5	EA	W128599	DRESSER	01	RESORTE	SC-2253					K		2	2	2
50	M	004534210	LOCKNUT PLG CONN	B48226E	6	EA	W128597A	DRESSER	01	TUERCA	SC-2253					E		1	1	1

51	M	002593358	SETSCREW KEX SKT	R48226E	7	EA	109A2A48	DRESSER	01	TORNILLO DE AJUSTE BASE HHEXAGONAL	SC2253					E		1	1	1
52	M	004534103	FLANGE CLAMPING	R48226E	8	EA	W128600	DRESSER	01	BRIDA	SC-2253					E		1	1	1
53		004534459	SETSCREW	R48226E	9	EA	W128601	DRESSER	01	TORNILLO	SC-2253					E		8	8	8
54		004534236	NUT JAM	R48226E	10	EA	23A4C3	DRESSER	01	TUERCA DE AMARE	SC-2253					E		8	8	8
55		000477133	BIRLO DEL CABEZAL EXTERNO	F25766AB	2	EA	1R50161	DRESSER	01	BIRLO DEL CABEZAL EXTERNO	SC-2253					U		0	0	0
56		003674116	ESPACIADOR	F25766AB	3	EA	W76276P1	DRESSER	01	ESPACIADOR	SC-2253					E		3	3	3
57	M	003674124	BIRLO	F25766AB	8	EA	W119700P2	DRESSER	01	BIRLO	SC-2253					E		2	1	2
58	M	003674058	TUERCA	F25766AB	9	EA	38A4K9	DRESSER	01	TUERCA	SC-2253					E		2	1	2
59	M	003674090	BRIDA CABEZA EXTERIOR	F25766AB	11	EA	W104493	DRESSER	01	BRIDA CABEZA EXTERIOR	SC-2253					U		0	0	0
60	M	003674157	PLUG FRAME END	F25766AB	12	EA	F27964	DRESSER	01	TAPÓN DEL MARCO DE MÁQUINA	SC-2253					U		0	0	0
61	M	004534178	CABEZA EXTERNA DEL CILINDRO	F25766AB	14	EA	H65704	DRESSER	01	CABEZA EXTERNA DEL CILINDRO	SC-2253					E		1	2	1
62	M	004534608	VÁLVULA 600DPBLP	F25766AB	15	EA	600DPBLPH64 655E	DRESSER	01	VÁLVULA 750DPBLP	SC-2253					K		2	2	2
63	M	004534483	CAMISA DEL CILINDRO EXTREMO EXTERNO	F25766AB	16	EA	R58358A	DRESSER	01	CAMISA DEL CILINDRO EXTREMO	SC-2253					K		1	1	1
64		004534053	SELLO COMPLETO	F25766AB	17	EA	MLH33840G1	DRESSER	01	EMPAQUE COMPLETO	SC-2253					K		2	2	2
65	M	004534368	RETÉN	F25766AB	18	EA	H37446T19	DRESSER	01	RETÉN	SC-2253					K		8	10	8
66	M	004534525	ESPACIADOR DEL FONDO DEL CILINDRO	F25766AB	19	EA	H65705	DRESSER	01	ESPACIADOR DEL FONDO DEL CILINDRO	SC-2253					K		4	4	4
67	M	004534392	SELLO DEL CILINDRO BARRENO 6	F25766AB	22	EA	W155356H	DRESSER	01	SELLO DEL CILINDRO BARRENO 6	SC-2253					K		8	8	8
68	M	004534301	EMPAQUE DEL ÉMBOLO DE VENTILACIÓN	F25766AB	23	EA	W155820	DRESSER	01	EMPAQUE DEL ÉMBOLO DE VENTILACIÓN	SC-2253					K		2	2	2
69	M	004533840	ANILLOS RENOVACIÓN	F25766AB	24	EA	W155820R	DRESSER	01	ANILLOS RENOVACIÓN	SC-2253					K		8	8	8
70	M	004534079	EMPAQUE DE JUNTA DE LA CAJA	F25766AB	25	EA	X1498T29	DRESSER	01	EMPAQUE DE JUNTA DE LA CAJA	SC-2253					K		4	4	4
71	M	004533980	CAJA DE GLANDULA CAJA FRÍA	F25766AB	26	EA	R88848	DRESSER	01	CAJA GLANDULA ÉMBOLO CAJA FRÍA	SC-2253					K		2	2	2
72	M	004534426	SELLO ÉMBOLO ACEITE FRIO	F25766AB	27	EA	W83147	DRESSER	01	SELLO ÉMBOLO ACEITE FRIO	SC-2253					K		16	16	16
73	M	004533816	O-RING	F25766AB	28	EA	20A11CM428	DRESSER	01	O-RING	SC-2253					K		6	2	6
74	M	004533923	TORNILLO	F25766AB	30	EA	B11218E	DRESSER	01	TORNILLO	SC-2253					E		4	4	4
75		004534038	PLUNGER 4,375	F25766AB	32	EA	H65726	DRESSER	01	EMBOLO	SC-2253					K		2	2	2
76		004534590	TUBE CYL TUBE	F25766AB	35	EA	W89218P4	DRESSER	01	TUBO DE LUBRICACION DEL CILINDRO	SC-2253					E		2	2	2
77	M	004533808	RING CONE	F25766AB	36	EA	W83481	DRESSER	01	ANILLO CONICO	SC-2253					E		2	4	2
78		004534566	SLEEVE LUB TUBE	F25766AB	37	EA	W94331P1	DRESSER	01	TUBO DE LUBRICACION DE LA CAMISA	SC-2253					E		2	2	2
79	M	004533865	SEATINLET	H64655E	1	EA	H38040P1	DRESSER	01	ASINTO DEE ADMISION	SC-2253					K		2	1	2
80	M	004534293	SEAT DISCHARGUE	H64655E	2	A	H38039E	DRESSER	01	ASIENTO DE DESCARGA	SC-2253					K		2	2	2
81	M	004533881	STOP PLATE	H64655E	3	EA	H38041P1	DRESSER	01	PLACA DE PARADA DE DISCO DE	SC-2253					K		2	2	2
82	M	004534624	POPPET VALVE	H64655E	4	EA	R58829P18	DRESSER	01	VALVULA TIPO CASQUILLO	SC-2253					K		48	48	48
83	M	004534335	SPRING	H64655E	5	EA	PP1472	DRESSER	01	RESORTE	SC-2253					K		48	48	48
84	M	000477166	STUD VALVE	H64655E	6	EA	525DP27	DRESSER	01	BIRLO DE LA VALVULA	SC-2253					K		9	3	9
85	M	004533956	BUJE	H33840 REV. 01	7	EA	W101751	DRESSER	01	BUJE	SC-2253					K		2	2	2
86	M	004533907	BLOCK & ADAPTER	R48226F	1	EA	ML12616744G 1	DRESSER	01	BLOQUE Y ADAPTADOR	SC-2253					K		2	2	2
87	M	004534491	SLEEVE PLGR CONN	R48226F	2	EA	H65706	DRESSER	01	CONECTOR DE CAMISA DEL EMBOLO	SC-2253					E		1	1	1
88	M	004534186	INSERT PLUNGER	R48226F	3	EA	W104504	DRESSER	01	INSERTO	SC-2253					K		4	2	4
89	M	004534004	COLLAR SPLIT	R48226F	4	EA	W98685P1	DRESSER	01	ANILLO COLLARIN	SC-2253					K		4	2	4
90	M	004534350	SPRING	R48226F	5	EA	W98686	DRESSER	01	RESORTE	SC-2253					K		4	2	4
91	M	004534228	LOCKNUT PLG CONN	R48226F	6	EA	W98684P1	DRESSER	01	TUERCA	SC-2253					E		1	1	1
92		002593358	SETSCREW KEX SKT	R48226F	7	EA	109A2A48	DRESSER	01	TORNILLO DE AJUSTE BASE HHEXAGONAL	SC2253					E		2	2	2
93	M	004534467	SETSCREW	R48226F	9	EA	W52233	DRESSER	01	TORNILLO	SC-2253					E		0	8	0
94	M	000476374	NUT JAM	R48226F	10	EA	40A4C3	DRESSER	01	TUERCA DE AMARE	SC-2253					E		1	8	1
95		476952	SHOE-MAIN BEARING THRUST	G-4319	282	EA	1H26724P1	DRESSER	01	COJNETE AXIAL ZAPATA	SC2253					K		2	1	1
96	M	476903	SHELL-COMPL MAIN BEARING	G-4320	277	EA	1W89198A	DRESSER	01	COJINETE PRINCIPAL	SC2253					K		5	1	5
97	M	476929	SHIM, MAIN BEARING	G-4321	280	EA	1W74633	DRESSER	01	LAINAS COJINETES	SC2253					K		10	2	10
98		476861	ROD-CONNECTING	F-19961-A	359	EA	1F16608	DRESSER	01	BIELA	SC2253					K		0	1	0
99	M	475970	BOLT - CONNECTING ROD	F-19961-A	326	EA	1R39771	DRESSER	01	TORNILLO BIELA	SC2253					K		2	2	2
100	M	476390	NUT-CONNECTING ROD BOLT	F-19961-A	348	EA	1W42173	DRESSER	01	TUERCA BIELA	SC2253					K		2	2	2
101		476960	SHOE, THRUST - CONNECTING ROD	F-19961-A	362	EA	1H26724	DRESSER	01	COJINETE AXIALE BIELA	SC2253					K		2	2	2
102	M	476887	SCREW, MACHINE, FLAT HEAD - THRUST SHOE	F-19961-A	347	EA	81A2B249	DRESSER	01	TORNILLO COJINETE AXIAL BIELA	SC2253					K		6	6	6
103	M	476986	SHIM - CONNECTING ROD	F-19961-A	360	EA	1W73712	DRESSER	01	LAINAS COJINETE	SC2253					K		2	4	2
104	M	475996	PIN & BOX, GROOVE - CRANKPIN BOX	F-19961-A	328	EA	1W89172A	DRESSER	01	BUJE	SC2253					K		2	2	2
105	M	476028	BUSHING - CONNECTING ROD CROSSHEAD PIN	F-19961-A	329	EA	1R39796P3	DRESSER	01	BUSHING - CONNECTING ROD CROSSHEAD PIN	SC2253					K		2	2	2
106	M	476978	SHOE - CROSSHEAD	F-19961-A	363	EA	1H30343	DRESSER	01	ZAPATA CRUCETA	SC2253					K		2	4	2
107	M	3673837	STUD - CROSSHEAD SHOE	F-19961-A	338	EA	18A2C528E	DRESSER	01	STUD - CROSSHEAD SHOE	SC2253					K		8	8	4
108	M	476911	SHIM - CROSSHEAD SHOE	F-19961-A	361	EA	1W88332	DRESSER	01	LAINAS CRUCETA	SC2253					K		4	4	4

109	M	476671	PIN - CROSSHEAD	F-19961-A	356	EA	1H26723	DRESSER	01	PIN	SC2253					K		2	1	2
110	M	476416	NUT - CROSSHEAD PIN CAP STUD	F-19961-A	353	EA	1W113828	DRESSER	01	TUERCA BIELA	SC2253					K		2	2	2
111		3673852	RING-CRANKSHAFT OIL	H-31810-A	396		1R40121	DRESSER	01	RING-CRANKSHAFT OIL	SC2253					K		1	1	0
112	M	476689	CAP	F-19961-A	331	EA	1W73741	DRESSER	01	TAPA	SC2253					k		1	1	1
113	M	476036	BOLT CROSSHEAD	F-19961-A	327	EA	1R56125	DRESSER	01	PERNO	SC2253					K		1	1	1
114	M	477182	SLEEVE XHEAD PIN	F-19961-A	365	EA	1R39776	DRESSER	01	CAMISA PIN	SC2253					K		2	2	2
115	M	476549	PLATE YOKE	G4197B	678A	EA	1R56154	DRESSER	01	PLATINA	SC2253					E		2	2	2
116	M	476200	YOKE CILINDER	G4197B	701	EA	1F19130AP2	DRESSER	01	YUNKE	SC2253					U		0	0	0
117		476945	ZAPATA YOKE	G4197B	689	EA	1H30346P2	DRESSER	01	ZAPATA YUNKE	SC2253					K		1	1	1
118	M	476937	SHIMS YOKE	G4197B	687	EA	1W89195	DRESSER	01	LAINAS	SC2253					K		2	4	2
119	M	477117	STUD DRIVE ROD	G4197B	692	EA	1R46288P2	DRESSER	01	ESPARRAGO VASTAGO	SC2253					E		1	1	1
120	M	476366	LOCK DRIVE ROD STUD NUT	G4197B	670A	EA	1R56161	DRESSER	01	SEGURO TUERCA	SC2253					K		4	2	4
121	M	476531	PLATE YOKE	G4197B	678	EA	1R46283P1	DRESSER	01	PLATINA YUNKE	SC2253					K		2	2	2

Codigo¹: Espacio para código ELLIPSE para referencia cruzada o fusión.

*** Clasificación según impacto operacional (CL)**

"K-CRITICO": Alto impacto en la operación y la productividad, su falla ocasiona alto lucro cesante y/o alto riesgo para las personas, las instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa. Limitada disponibilidad en el mercado debido a su alta complejidad técnica y grado de especialización.

"E-ESENCIAL": Alto impacto en la operación, pero pueden ser reemplazados sin afectar los niveles de productividad esperada. Representa moderados riesgos para las personas, las instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa. Buena disponibilidad en el mercado debido a su alto nivel de estandarización.

"P-ESPECIAL": Son materiales de diseño o utilización especial que forman parte de subprocesos que soportan la operación básica. Su impacto es muy particular en los niveles de productividad esperada o en la operación directa. La reposición se hará con base en los parámetros de nivel y cantidad

"S-SOPORTE": Bajo impacto en la operación y la productividad. Su falta ocasiona bajos riesgos para las personas, instalaciones, medio ambiente o imagen de la empresa. Son de alta disponibilidad en el mercado debido a su baja complejidad técnica.

"U-USUARIO": Reposición bajo responsabilidad del usuario. No se mantiene inventario en la bodega. Debe estar presupuestado en el PAC y su gestión de compra se realiza con base en solicitudes de materiales debidamente planeadas.

JUSTIFICACIÓN DE LA CATALOGACIÓN:

Se requiere mejorar la parametrización de los códigos de los repuestos del compresor SC2253 para asegurar la disponibilidad de repuestos ante la ocurrencia de los modos de fallos que se han identificado en este activo. Se realiza un análisis de componente por componente para identificar su impacto o criticidad, asociarlo con los modos de fallos encontrados, analizar el consumo y en general encontrar unos parámetros de reposición que balance la disponibilidad del activo, los costos de mantenimiento y el costo de la bodega

APLICACIÓN O UTILIZACIÓN: (Indicar la Marca, Modelo y Serie del equipo donde se instalará- TAG):

SC2253 ----- Compresor hyper INGERSOLL-RAND 15.0" & 14.0" STROKE TYPE 3HHE-VM-2

CONDICIONES DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO:

Almacenar en sitios libres de humedad y polvo.

INSTRUCCIONES DE SUMINISTRO Y CHEQUEO DE MATERIAL:

Norma(s) o certificados de calidad:

Prueba(s) de aceptación:

JUSTIFICACIÓN DE LA CANTIDAD REQUERIDA, OBSERVACIONES GENERALES PARA ALMACÉN E INVENTARIO:

NO DILIGENCIAR	3	ACCIONES EJECUTADAS POR CATALOGACION Y ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS:																		
	CATALOGADOR:										ADMINISTRADOR DE INVENTARIOS:									
	Nombre y Apellido										Nombre y Apellido									
	Reg.										Reg. Fecha: / / aa / mm / dd									

FACI COMPRESOR CENTRÍFUGO SC1301

INFORMACIÓN



FORMA PARA ACTUALIZAR CATALOGO E INVENTARIO EN ELLIPSE

F A C I N o.

Para el ADIN o Catalogador

1

ORIGINADOR:
Distrito:

GRB

 Dependencia:

10000308

 Fecha:

2014

 /

12

 /

12

Nombre y Apellido: Solicitante Reg. Nombre y Apellido: Autorizador - Soporte Técnico Catálogo Reg.

2

INFORMACIÓN DE CATÁLOGO E INVENTARIOS:

(TA) TIPO DE ACTUALIZACIÓN:
ELIMINAR

E

MODIFICAR

M

REFERENCIA CRUZADA
* FC: Fabricar Con; SI: Sustituto Menor; SM: Sustituto Mayor; UC: Utilizar Con; A/E: Agotar Existencias; ER: Existe Recuperado.

(UM) UNIDAD DE MEDIDA:
CT MT KT LB JT QT IN ST
EA SF BG FT RO M3 FR GA
BX CN SH DM KG PT GR SI
DZ BT ML CF TM YD OZ PR

CL Clasificación según impacto operacional *

PC
CRPI
CRMN
CRMG

Preferencia de Compra
Cantidad Requerida Para Inicio
Cantidad Requerida para un Mito Nomal
Cantidad Requerida para un Mito General

VU
ROP
ROQ
MIN

Valor Unitario (\$)
Punto de reorden
Cantidad a pedir
Inventario mínimo

CRITICO
SOPORTE

K

S

ESENCIAL
USUARIO

E

U

ESPECIAL
NO REORDENAR

P

N

#	TA	Código	Descripción	Drawing	Ítem	UM	N° parte	Nemonico	PC	Nombre popular	Equipo/Comp./EG	Código ¹	CRPI	CRMN	CRMG	CL	VU	ROP	ROQ	MIN
1	A		END COVER, DISCHARGE	WC-EC1754	4	EA	185251-1339-15	ELJIOT	01	TAPA LADO DESCARGA	SC1301		1			U		0	0	0
2	A		END COVER, INLET	WC-EC1754	5	EA	185251-1329-12	ELJIOT	01	TAPA LADO SUCCIÓN	SC1301		1			U		0	0	0
3	A		WASHER, TIE ROD	WC-EC1754	11	EA	185251-1261	ELJIOT	01	ARANDELA TIE-ROD	SC1301		3			E		1	2	1
4	A		NUT, ALLEN 3/4-10	WC-EC1754	12	EA	P14Y1B	ELJIOT	01	TUERCA	SC1301		3			E		1	2	1
5	A		COVER, TIE ROD OPENING	WC-EC1754	13	EA	185251-1202	ELJIOT	01	TAPA ABERTURA TIE ROD	SC1301		6			U		0	0	0
6	A		SCREW, CAP 5/8-11 X 2.00 LG.	WC-EC1754	15	EA	P23X225	ELJIOT	01	PERNO	SC1301		24			E		6	6	3
7	A		NUT, HEX 1-3/4-8	WC-EC1754	16	EA	P12N15	ELJIOT	01	TUERCA	SC1301		60			E		20	10	10
8	A		STUD 1-3/4-8 X 7-1/2 LG.	WC-EC1754	17	EA	M50S35	ELJIOT	01	TORNILLO	SC1301		60			E		20	10	10
9	A		WASHER 1-7/8	WC-EC1754	19	EA	185251-1271-1	ELJIOT	01	ARANDELA	SC1301		60			E		60	30	60
10	A		NUT, HEX 5/8-11	WC-EC1754	22	EA	P11A16	ELJIOT	01	TUERCA HEXAGONAL	SC1301		24			E		12	12	6
11	M	004948527	FLANGE, BLIND 3/4 CL.600	WC-EC1754	23	EA	P56J611	ELJIOT	01	BRIDA CIEGA	SC1301		1			U		0	0	0
12	A		BOLT, HEX 5/8-11 X 2-1/2 LG.	WC-EC1754	25	EA	P10A261	ELJIOT	01	TORNILLO	SC1301		4			E		2	2	2
13	M		STUD 5/8-11 X 4" LG.	WC-EC1754	26	EA	P50C108	ELJIOT	01	TORNILLO	SC1301		20			E		5	5	5
14	A		SCREW, CAP 1"-8 X 5-1/2 LG.	WC-EC1754	28	EA	P10A388	ELJIOT	01	PERNO	SC1301		16			E		4	4	4
15	A		NUT, HEX 1"-8	WC-EC1754	29	EA	P11A19	ELJIOT	01	TUERCA	SC1301		16			E		4	4	4
16	A		SCREW, DRME-6 X 5/16 LG.	WC-EC1754	31	EA	P22C23	ELJIOT	01	TORNILLO CONDUCTOR	SC1301		10			E		5	5	3
17	M	004948535	ASSEMBLY, EQUALIZER ELBOW	WC-EC1754	33	EA	828295-6	ELJIOT	01	ENSAMBLE CODO ECUALIZADOR	SC1301		1			U		0	0	0
18	A		TIE ROD	WC-EC1754	34	EA	185251-1251	ELJIOT	01	TIE ROD	SC1301		3			E		2	1	1
19	M	000451294	BALANCE PISTON SEAL HOUSING	WC-EC1754	42	EA	828307-5	ELJIOT	01	PISTON DE BALANCE SELLO DE ALOJAMIENTO	SC1301		1			K		1	1	1
20	M	000451641	SPACER RING	WC-EC1754	43	EA	835751-1	ELJIOT	01	ANILLO ESPACIADOR	SC1301		1			K		1	1	1
21	A		SCREW, MACH. 8-32 X 3/4 LG.	WC-EC1754	44	EA	P20A11B	ELJIOT	01	TORNILLO	SC1301		10			E		5	5	3
22	A		WASHER, PLAIN 3/16	WC-EC1754	45	EA	P25F15	ELJIOT	01	ARANDELA	SC1301		2			E		1	1	1
23	A		SCREW, CAP 3/8-16 X 1-1/2 LG.	WC-EC1754	46	EA	P23T42	ELJIOT	01	PERNO	SC1301		2			E		1	1	1
24	A		PLUG, PIPE	WC-EC1754	49	EA	P40S14	ELJIOT	01	TAPON DE TUBERIA	SC1301		1			U		0	0	0
25	A		SCREW, CAP 3/8-16 X 1-1/2 LG.	WC-EC1754	63	EA	P23T12B	ELJIOT	01	PERNO	SC1301		12			E		3	3	3
26	M	004948550	STAGE DRAIN MACHINING	WC-EC1754	101	EA	EC1621-5	ELJIOT	01	DRENAJE MAQUINADO DE ETAPA	SC1301		1			U		0	0	0
27	M	004948568	ARR. BRG & SEAL T.E. DISCH	WC-EC1754	106	EA	EC1743-GR4	ELJIOT	01	TAPA RODAMIENTO Y SELLO LADO DESCARGA	SC1301		1			K		1	1	0
28	M	004948576	ARR. BRG & SEAL J.E. INLET	WC-EC1754	107	EA	EC1742-GR4	ELJIOT	01	TAPA RODAMIENTO Y SELLO LADO SUCCIÓN	SC1301		1			K		1	1	0
29	M	003976362	O-RING 32.75X33.00X.139 DIA	WC-EC1754	108	EA	P700Z780	ELJIOT	01	O-RING	SC1301		1			K		1	1	1
30	M	000451419	GASKET, FLEXITALLIC	WC-EC1754	109	EA	P480F752	ELJIOT	01	EMPAQUE	SC1301		2			K		1	1	1
31	M	004051181	GASKET, FLEXITALLIC	WC-EC1754	110	EA	P480F063	ELJIOT	01	EMPAQUE	SC1301		6			K		3	3	3
32	M	000108355	O-RING 1.74X2.00X.139 DIA	WC-EC1754	114	EA	P700D224	ELJIOT	01	O-RING	SC1301		6			K		3	3	3
33	M	000138305	GASKET, FLANGE 3/4 CL.600	WC-EC1754	124	EA	P59Y11	ELJIOT	01	EMPAQUE BRIDA	SC1301		1			K		1	1	0
34	M	000451401	GASKET, FLEXITALLIC	WC-EC1754	127	EA	P480F157	ELJIOT	01	EMPAQUE	SC1301		2			K		1	1	1
35	M	004051249	SEAL, BALANCE PISTON	WC-EC1754	137	EA	EC1549-10	ELJIOT	01	SELLO PISTON DE BALANCE	SC1301		1			K		1	1	1
36	M	004948584	O-RING 11/16X13/16X1/16 DIA	WC-EC1754	158	EA	P700D017	ELJIOT	01	O-RING	SC1301		5			K		3	2	3
37	M	004948592	O-RING 15.00X15.50X.275 DIA	WC-EC1754	164	EA	P700D459	ELJIOT	01	O-RING	SC1301		1			K		1	1	1
38	A		SHIM PACK	WC-EC1754	167	EA	B35894-GR1	ELJIOT	01	SHIMS	SC1301		1			E		1	1	1
39	M	004051264	GASKET, FLEXITALLIC	WC-EC1754	168	EA	P480F064	ELJIOT	01	EMPAQUE	SC1301		1			K		1	1	1
40	M	004948600	INNER CASING BUNDLE ASS'Y	WC-EC1754	169	EA	EC1735-30	ELJIOT	01	CARACA INTERNA	SC1301		1			U		0	0	0
41	M	004948618	GLAND DRAIN	WC-EC1754	170	EA	EC1534-4	ELJIOT	01	GLANDULA DE DRENAJE	SC1301		5			E		3	2	3
42	M	000136804	SCREW, SET 1/4-20 X 3/8 LG.	WC-EC1754	171	EA	P23A52	ELJIOT	01	TORNILLERIA	SC1301		2			E		1	1	1
43	M	004948626	NUT, COUPLING	WC-EC1754	172	EA	P28F12	ELJIOT	01	TUERCA ACOUPLE	SC1301		2			E		1	1	1
44	M	004948634	KEY, COUPLING	WC-EC1754	173	EA	P37P112	ELJIOT	01	CHAVETA ACOUPLE	SC1301		1			E		1	1	1
45	M	004948527	FLANGE, BLIND 3/4 CL.600	WC-EC1754	174	EA	P56J611	ELJIOT	01	BRIDA CIEGA	SC1301		1			U		0	0	0
46	M	004948659	FLANGE, BLIND 1" CL.600	WC-EC1754	175	EA	P56J612	ELJIOT	01	BRIDA CIEGA	SC1301		2			U		0	0	0
47	A		BOLT, HEX 5/8-11 X 1-3/4 LG.	WC-EC1754	176	EA	P10A258	ELJIOT	01	TORNILLO HEXAGONAL	SC1301		8			E		4	4	4
48	A		NUT, HEX 5/8-11	WC-EC1754	177	EA	P11A16	ELJIOT	01	TUERCA HEXAGONAL	SC1301		12			E		6	6	6
49	M	004948667	FLANGE, BLIND 2" CL.150	WC-EC1754	179	EA	P56J14	ELJIOT	01	BRIDA CIEGA	SC1301		1			U		0	0	0
50	M	000138354	GASKET, FLANGE 2" CL.150	WC-EC1754	180	EA	P59W15	ELJIOT	01	EMPAQUE BRIDA	SC1301		1			K		1	1	1
51	A		BOLT, HEX 5/8-11 X 3" LG.	WC-EC1754	181	EA	P10A263	ELJIOT	01	TORNILLO HEXAGONAL	SC1301		8			E		4	4	2
52	M	004948675	FLANGE, BLIND 2" CL.300	WC-EC1754	182	EA	P56J114	ELJIOT	01	BRIDA CIEGA	SC1301		1			U		0	0	0
53	M	000138404	GASKET, FLANGE 2" CL.300	WC-EC1754	183	EA	P59X15	ELJIOT	01	EMPAQUE BRIDA	SC1301		1			K		1	1	1
54	A		BOLT, HEX 5/8-11 X 2-3/4 LG.	WC-EC1754	184	EA	P10A262	ELJIOT	01	TORNILLO HEXAGONAL	SC1301		4			E		2	2	2
55	M	000138321	GASKET, FLANGE 1" CL.600	WC-EC1754	185	EA	P59Y12	ELJIOT	01	EMPAQUE BRIDA	SC1301		1			K		1	1	1
56	M	004948683	DOWEL, PULL	WC-EC1754	186	EA	P36L3432	ELJIOT	01	PIN	SC1301		2			K		1	1	1

61	M	004051017	ROTOR ASSEMBLY	WC-EC1735	1	EA	EC1704-30	ELLIOT	01	ENSAMBLE ROTOR	SC1301		1			U		0	0	0
62	M	004948816	INNER CASING MACHINING	WC-EC1735	2	EA	EC1515-10	ELLIOT	01	CARCASA SUCCIÓN	SC1301		1			U		0	0	0
63	M	004948824	INLET DIAFRAM MACHINING	WC-EC1735	3	EA	EC1517-1	ELLIOT	01	DIAFRAGMA DE SUCCIÓN	SC1301		1			K		1	1	1
64	M	004948832	DIAFRAM MACHINING, 1ST STAGE	WC-EC1735	4	EA	EC1428-5	ELLIOT	01	DIAFRAGMA	SC1301		1			K		1	1	1
65	M	004948840	DIAFRAM MACHINING, 2ND STAGE	WC-EC1735	5	EA	EC1435-5	ELLIOT	01	DIAFRAGMA	SC1301		1			K		1	1	1
66	M	004948857	DIAFRAM MACHINING, 3RD STAGE	WC-EC1735	6	EA	EC1504-5	ELLIOT	01	DIAFRAGMA	SC1301		1			K		1	1	1
67	M	004948865	DIAFRAM MACHINING, 4TH STAGE	WC-EC1735	7	EA	EC1506-5	ELLIOT	01	DIAFRAGMA	SC1301		1			K		1	1	1
68	M	004948873	DIAFRAM/DISCH. WALL ASS'Y	WC-EC1735	8	EA	EC1790-10	ELLIOT	01	DIAFRAGMA DE DESCARGA	SC1301		1			K		1	1	1
69	M	004051355	SEAL, IMPELLER, 1ST STAGE	WC-EC1735	10	EA	968565-238	ELLIOT	01	SELLO RODETE PRIMERA ETAPA	SC1301		1			K		1	1	1
70	M	004051363	SEAL, IMPELLER, 2ND STAGE	WC-EC1735	11	EA	968565-75	ELLIOT	01	SELLO RODETE SEGUNDA ETAPA	SC1301		1			K		1	1	1
71	M	004051389	SEAL, IMPELLER, 3RD & 4TH STAGE	WC-EC1735	12	EA	968565-44	ELLIOT	01	SELLO RODETE TERCERA Y CUARTA ETAPA	SC1301		2			K		1	1	1
72	M	004051397	SEAL, IMPELLER, 5TH STAGE	WC-EC1735	13	EA	EC1548-5	ELLIOT	01	SELLO RODETE QUINTA ETAPA	SC1301		1			K		1	1	1
73	M	004051413	SEAL, SHAFT, 2ND THRU 5TH STG	WC-EC1735	14	EA	968199-24	ELLIOT	01	SELLO EJE SEGUNDA Y QUINTA ETAPA	SC1301		4			K		1	1	1
74	A		SCREW, CAP 3/8-24X 5/8 LG.	WC-EC1735	19	EA	P23U1533	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		12			E		6	6	3
75	A		WASHER 3/8	WC-EC1735	20	EA	840268-5	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		12			E		6	6	3
76	M	004948881	PIN, ROLL 3/16 DIA. X 1/2 LG.	WC-EC1735	21	EA	P36T256	ELLIOT	01	PIN	SC1301		5			E		3	2	1
77	M	004948899	PIN, ROLL 3/32 DIA. X 1/4 LG.	WC-EC1735	22	EA	P36T92	ELLIOT	01	PIN	SC1301		4			E		3	2	1
78	A		RING, ROTOR CENTERING I.E.	WC-EC1735	23	EA	FC0391-1	ELLIOT	01	ANILLO DE CENTRADO DEL ROTOR	SC1301		1			K		1	1	1
79	M	004948915	RING, ROTOR CENTERING D.E.	WC-EC1735	24	EA	EC1772-1	ELLIOT	01	ANILLO DE CENTRADO DEL ROTOR	SC1301		1			K		1	1	1
80	M	003808904	SCREW, CAP 3/8-16 X 1-1/4 LG.	WC-EC1735	25	EA	P23T3137	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		4			E		2	2	1
81	A		SCREW, CAP 1/4-20 X 1-1/2 LG.	WC-EC1735	26	EA	P2313078	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		2			E		1	1	1
82	M	004948600	INNER CASING BUNDLE ASSEMBLY	WC-EC1735	30	EA	EC1735-30	ELLIOT	01	ENSAMBLE HAZ DE LA CARCASA INTERIOR	SC1301		--			U		0	0	0
83	M	004948691	BRG HOUSING ASSY	WC-EC1743	9	EA	804382-9	ELLIOT	01	ENSAMBLE ALOJAMIENTO DE	SC1301		1			E		1	1	0
84	A		PLUG, HEX HD PIPE 1/2 NPT	WC-EC1743	10	EA	P40S13	ELLIOT	01	TAPON	SC1301		2			U		0	0	0
85	M	000451674	WIPER RING	WC-EC1743	12	EA	846096-22	ELLIOT	01	ANILLO RASCADOR	SC1301		1			K		1	1	1
86	A		SCREW, CAP 7/8-9 X 3-1/2 LG	WC-EC1743	14	EA	P23X296	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		2			E		1	1	1
87	A		SCREW, CAP 7/8-9 X 4-1/2 LG	WC-EC1743	15	EA	P23X300	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		10			E		5	5	3
88	A		PIN, DOWEL 3/8 DIA X 1 -1/4 LG	WC-EC1743	17	EA	P36L169	ELLIOT	01	PIN	SC1301		2			K		1	1	1
89	A		SCREW, CAP 5/8-11 X 1-1/2 LG	WC-EC1743	20	EA	P23X223	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		8			E		4	4	2
90	M	004948709	WIPER RING	WC-EC1743	21	EA	846096-18	ELLIOT	01	ANILLO RASCADOR	SC1301		1			K		1	1	1
91	A		BOLT, MACH. 3/8-16	WC-EC1743	23	EA	P10A95	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		8			E		4	4	2
92	M	000451054	THR. BRG. RETAINER ASSY	WC-EC1743	26	EA	826401-4	ELLIOT	01	RETENEDOR	SC1301		1			K		1	1	0
93	M	000451302	THR. BRG. ARRANGEMENT	WC-EC1743	28	EA	826429-14	ELLIOT	01	ARREGLO RODAMIENTO	SC1301		2			K		1	1	1
94	A		SCREW, CAP 10-24 X 3/8 LG	WC-EC1743	42	EA	P23T41	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		2			E		1	1	1
95	M	004948717	ENDCOVER	WC-EC1743	46	EA	847050-1	ELLIOT	01	TAPA EXTREMO	SC1301		1			U		0	0	0
96	A		CONN, MALE 5/8 OD T X 1/2 NPT	WC-EC1743	49	EA	P47A21	ELLIOT	01	CONEXON MACHO	SC1301		2			U		0	0	0
97	A		OIL INJECT. TUBING	WC-EC1743	50	EA	1BS251-1171-169	ELLIOT	01	TUBO INYECCION DE ACEITE	SC1301		1			U		0	0	0
98	A		LOCKWASHER 10	WC-EC1743	52	EA	P25A25	ELLIOT	01	ARANDELA DE BLOQUEO	SC1301		2			E		1	1	1
99	A		WASHER PLATE 3/16	WC-EC1743	53	EA	P25F15	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		2			E		1	1	1
100	A		SCREW, CAP 10-24 X 5/8 LG	WC-EC1743	55	EA	P23T43	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		8			E		4	4	2
101	M	004948725	RETAINER, SEAL RING	WC-EC1743	57	EA	871202-3	ELLIOT	01	RETENEDOR SELLO DE ANILLO	SC1301		1			K		1	1	1
102	M	004051322	SEAL RING	WC-EC1743	58	EA	836827-6	ELLIOT	01	SELLO DE ANILLO	SC1301		1			K		1	1	1
103	M	004948741	OIL TROUGH	WC-EC1743	59	EA	848379-4	ELLIOT	01	CANAL DE ACEITE	SC1301		1			K		1	1	0
104	A		CLAMP	WC-EC1743	62	EA	1BT351-2511-90	ELLIOT	01	ABRAZADERA	SC1301		1			E		1	1	1
105	M	004948766	SCREW, RO HD 10-24 X 3/8 LG	WC-EC1743	63	EA	P20J134	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		1			E		1	1	1
106	M	000451716	SCREW, CAP 8-32 X 3/8 LG	WC-EC1743	64	EA	P23T11	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		1			E		1	1	1
107	M	000451872	WASHER 8 (0.164)	WC-EC1743	65	EA	P99W12	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		1			E		1	1	1
108	M	3893401	John Crane seal, CCW, discharge end	HSP-1006387		EA	PR-J8008R1-2	J-CRANE	01	Sello seco completo, lado empuje	SC1301					U		0	0	0
109	M	4289336	SEAL ASSEMBLY, SHAFT, SPRING LOADED	HSP-1006387	NO ITEM	EA	HSP-1006387 RM	J-CRANE	01	Sello seco remanufacturado,	SC1301					K		0	1	1
110	M	004050605	BEARING JOURNAL ASS'Y	WC-EC1743	105	EA	EC1917-18	ELLIOT	01	ENSAMBLE RODAMIENTO	SC1301		1			K		1	1	1
111	M	004948782	GASKET, ENDCOVER	WC-EC1743	127	EA	847051-1	ELLIOT	01	EMPAQUE CUBIERTA	SC1301		1			K		1	1	1
112	M	004948790	GASKET, BRG HOUSING	WC-EC1743	133	EA	847052-1	ELLIOT	01	EMPAQUE ALOJAMIENTO DE	SC1301		1			K		1	1	1
113	A		BRG. RETAINER RE-MACHINING	WC-EC1743	200	EA	EC1646-1	ELLIOT	01	RETENEDOR	SC1301		1			K		1	1	1

114	M	004949137	BRG CHAMBER ASSY	WC-ECI742	1	EA	18H251-389-4	ELLIOT	01	CAMARA DE RODAMIENTOS	SC1301		1			U		0	0	0
115	A		SCREW, CAP 5/8-11 X 1-1/2 LG	WC-ECI742	4	EA	P23T228	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		1			E		1	1	1
116	M	004051322	SEAL RING	WC-ECI742	13	EA	836827-6	ELLIOT	01	SELLO DE ANILLO	SC1301		3			K		2	1	1
117	A		SCREW, CAP 7/8-9 X 3-1/2 LG	WC-ECI742	14	EA	P23X296	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		3			E		2	1	1
118	A		SCREW, CAP 10-24 X 5/8 LG	WC-ECI742	29	EA	P23T43	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		6			E		3	3	2
119	A		ELBOW	WC-ECI742	30	EA	P47G20	ELLIOT	01	CODO	SC1301		24			U		0	0	0
120	A		OIL SUPPLY TUBING	WC-ECI742	31	EA	185251-1171-167	ELLIOT	01	TUBO DE SUMINISTRO DE ACEITE	SC1301		60			U		0	0	0
121	A		PIN, DOWEL 3/8 DIA X 1-1/4 LG	WC-ECI742	32	EA	P36L169	ELLIOT	01	PIN	SC1301		60			E		15	15	10
122	A		PLUG, PIPE HEX HD 1/2 NPT	WC-ECI742	33	EA	P40S13	ELLIOT	01	TAPON	SC1301		60			U		0	0	0
123	A		SCREW, CAP 10-24 X 3/8 LG	WC-ECI742	34	EA	P23T41	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		24			E		12	12	6
124	A		LOCKWASHER 10	WC-ECI742	35	EA	P25A25	ELLIOT	01	ARANDELA DE BLOQUEO	SC1301		1			K		1	1	1
125	A		WASHER PLATE 3/16	WC-ECI742	36	EA	P25F15	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		4			E		2	2	2
126	A		TROUGH ASSY	WC-ECI742	37	EA	185251-134	ELLIOT	01	ENSAMBLE CANAL	SC1301		20			U		0	0	0
127	M	004948758	CLAMP	WC-ECI742	45	EA	18T351-2511-90	ELLIOT	01	ABRAZADERA	SC1301		16			E		4	4	2
128	M	004948766	SCREW, RD HD 10-24 X 3/8 LG	WC-ECI742	46	EA	P20J134	ELLIOT	01	TORNILLO	SC1301		16			E		4	4	2
129	A		CONN, MALE 5/8 ODT X 1/2 NPT	WC-ECI742	48	EA	P47A21	ELLIOT	01	CONEXIÓN MACHO	SC1301		10			U		0	0	0
130	A		OIL INJECT. TUBING	WC-ECI742	49	EA	185251-1171-168	ELLIOT	01	TUBO DE INYECCION DE	SC1301		1			U		0	0	0
131	M	004948725	RETAINER, SEAL RING	WC-ECI742	51	EA	871202-3	ELLIOT	01	RETENEDOR SELLO DE ANILLO	SC1301		1			K		1	1	1
132	M	000451716	SCREW, CAP 8-32 X 3/8 LG	WC-ECI742	54	EA	P23T11	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		3			E		2	1	1
133	M	000451872	WASHER 8 (0.164)	WC-ECI742	55	EA	P99W12	ELLIOT	01	ARANDELA	SC1301		1			E		1	1	1
134	M	3893393	John Crane seal, CW, inlet end	HSP-1006386	NO ITEM	EA	PR-J8008R1-1	J-CRANE	01	Sello seco completo, lado acople	SC1301					U		0	0	0
135	M	4289328	SEAL ASSEMBLY, SHAFT, SPRING LOADED	HSP-1006386	NO ITEM	EA	HSP-1006386 RM	J-CRANE	01	Sello seco remanufacturado, rotación CW, lado acople	SC1301					K		0	1	1
136	A		CONNECTOR, MALE 1/2 NPT	WC-ECI742	101	EA	P48E149	ELLIOT	01	CONECTOR MACHO	SC1301		10			U		0	0	0
137	A		PACKING GLAND 1/2 NPT	WC-ECI742	102	EA	PR584690-1	ELLIOT	01	PRENSAEMPAQUE	SC1301		2			U		0	0	0
138	A		TUBING 3/8 O.D. X 20 AWG	WC-ECI742	103	EA	T229A-032	ELLIOT	01	TUBO	SC1301		2			U		0	0	0
139	M	004949178	GASKET, BRG. CHAMBER	WC-ECI742	104	EA	18S251-1152	ELLIOT	01	EMPAQUE CAMARA	SC1301		1			K		1	1	1
140	M	004050605	BEARING JOURNAL ASS'Y	WC-ECI742	105	EA	EC1917-18	ELLIOT	01	ENSAMBLE RODAMIENTOS	SC1301		12			K		6	6	4
141	M	004949186	BRG. RETAINER RE - MACHINING	WC-ECI742	200	EA	EC1636-1	ELLIOT	01	RETENEDOR	SC1301		--			U		0	0	0

142	M	004948923	SHAFT	WC-EC1704	1	EA	EC1455-1	ELLIOT	01	EJE ROTOR	SC1301		1			U		0	0	0
143	M	004948931	IMPELLER MACH (1ST STG)	WC-EC1704	2	EA	EC1851-162	ELLIOT	01	IMPULSOR PRIMERA ETAPA	SC1301		1			U		0	0	0
144	M	004948949	IMPELLER MACH (2ND STG)	WC-EC1704	3	EA	953184-158	ELLIOT	01	IMPULSOR SEGUNDA ETAPA	SC1301		1			U		0	0	0
145	M	004948956	IMPELLER MACH (3RD STG)	WC-EC1704	4	EA	955283-158	ELLIOT	01	IMPULSOR TERCERA ETAPA	SC1301		1			U		0	0	0
146	M	004948964	IMPELLER MACH (4TH STG)	WC-EC1704	5	EA	800538-159	ELLIOT	01	IMPULSOR CUARTA ETAPA	SC1301		1			U		0	0	0
147	M	004948972	IMPELLER MACH (5TH STG)	WC-EC1704	6	EA	857926-158	ELLIOT	01	IMPULSOR QUINTA ETAPA	SC1301		1			U		0	0	0
148	M	004948980	SLEEVE, SHAFT COLLAR	WC-EC1704	8	EA	879620-15	ELLIOT	01	MANGUITO ARBOL DEL EJE	SC1301		5			E		3	2	3
149	M	004948998	BALANCE PISTON	WC-EC1704	9	EA	EC1420-1	ELLIOT	01	PISTON DE BALANCEO	SC1301		1			K		1	1	1
150	M	004949004	KEY, SHAFT COLLAR	WC-EC1704	10	EA	883272-2	ELLIOT	01	CHAVETA ARBOL DEL EJE	SC1301		5			K		3	2	3
151	M	004949012	SLEEVE, SHAFT	WC-EC1704	11	EA	EC1323-1	ELLIOT	01	MANGUITO DEL EJE	SC1301		4			K		2	2	1
152	M	004949020	SLEEVE, SHAFT COLLAR	WC-EC1704	12	EA	924588-5	ELLIOT	01	MANGUITO ARBOL DEL EJE	SC1301		1			E		1	1	1
153	M	004949038	KEY, IMPELLER 1ST THRU 5TH STG	WC-EC1704	13	EA	891986-9	ELLIOT	01	CHAVETA IMPULSOR A TRAVÉS DE ETAPAS	SC1301		5			K		3	2	3
154	M	004949046	KEY, SHAFT COLLAR	WC-EC1704	14	EA	924578-4	ELLIOT	01	CHAVETA ARBOL DEL EJE	SC1301		1			K		1	1	1
155	M	004949053	PIN (GAS FACE SEAL)	WC-EC1704	15	EA	924965-1	ELLIOT	01	PIN SELLO	SC1301		5			E		3	2	3
156	M	000451369	THRUST DISK	WC-EC1704	17	EA	834342-1	ELLIOT	01	DISCO DE EMPUJE	SC1301		1			K		1	1	1
157	M	000451567	NUT, THRUST DISK	WC-EC1704	18	EA	834343-3	ELLIOT	01	TUERCA DISCO DE EMPUJE	SC1301		1			K		1	1	1
158	M	000451542	LOCKWASHER, THRUST DISK	WC-EC1704	19	EA	846703-1	ELLIOT	01	ARANDELA DE PRESION DISCO DE EMPUJE	SC1301		1			K		1	1	1
159	M	004949061	KEY, THRUST DISK	WC-EC1704	20	EA	P37D258	ELLIOT	01	CHAVETA DISCO DE EMPUJE	SC1301		1			K		1	1	1
160	M	004051017	ROTOR ASSEMBLY	WC-EC1704	30	EA	EC1704-30	ELLIOT	01	ROTOR COMPLETO	SC1301		X			U		0	0	0

161	M	004051033	RIGID, DRIVING	1112172	1	EA	1112230	ELLIOT	01	PORTE RIGIDA	SC1301		1			U		0	0	0
162	M	004051041	HUB, DRIVEN	1112172	2	EA	1112231	ELLIOT	01	CUBO CONDUCTOR	SC1301		1			U		0	0	0
163	M	004051058	ADAPTER	1112172	3	EA	CC71371	ELLIOT	01	ADAPTADOR	SC1301		1			U		0	0	0
164	M	004051066	SLEEVE	1112172	4	EA	CC73963	ELLIOT	01	MANGUITO	SC1301		1			K		1	1	1
165	M	004051074	SPACER	1112172	5	EA	1112232	ELLIOT	01	ESPACIADOR	SC1301		1			E		1	1	0
166	M	004051082	DISC PACK ASSEMBLY	1112172	6	EA	CX99921	ELLIOT	01	EMSAMBLE DISCO	SC1301		1			E		1	1	1
167	M	004051108	7/16-20 NF X 1.75 CAPSCREW	1112172	7	EA	WA82274	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		12			E		6	6	3
168	M	003823853	7/16 NF LOCKNUT	1112172	8	EA	WA26054	ELLIOT	01	TUERCA DE BLOQUEO	SC1301		12			K		6	6	6
169	M	003823861	7/16 HARDENED WASHER	1112172	9	EA	WA80623	ELLIOT	01	ARANDELA ENDURECIDA	SC1301		12			K		6	6	6
170	M	003823887	1/4-28 NF X 1.00 CAPSCREW	1112172	10	EA	WA82270	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		22			E		10	10	5
171	M	004051116	1/4-28 NF LOCKNUT	1112172	11	EA	WA82240	ELLIOT	01	TUERCA DE BLOQUEO	SC1301		22			K		15	7	12
172	M	004051173	0.060 SHIM PACK (MP)	1112172	12	EA	FX10133	ELLIOT	01	SHIMS	SC1301		1			E		1	1	1
173	M	003878436	0.060 SHIM PACK (RZ)	1112172	13	EA	CX99680	ELLIOT	01	SHIMS	SC1301		1			E		1	1	1
174	A		1/4-28 NF X 1.25 CAPSCREW	1112172	14	EA	WA08333	ELLIOT	01	PERNO	SC1301		6			E		3	3	2
175	A		3/8-24 NF X 1.25 SET SCREW	1112172	15	EA	WA82010	ELLIOT	01	TORNILLERIA	SC1301		6			E		3	3	2
176	M	4051025	Coupling Assy, KOP-FLEX #203 MP/RZ	1112172	NO ITEM	EA	203-MP/RZ	KOP-FLEX	01	Acople completo	SC1301		1			E		1	1	0
177	M	4050993	Coupling assy, #454 KD10, KOP_FLEX	2008600	NO ITEM	EA	454 KD10	KOP-FLEX	01	Acople completo	SC1301		1			E		1	1	0

Codigo¹: Espacio para código ELLIPSE para referencia cruzada o fusión. * Clasificación según impacto operacional (CL) "K-CRITICO": Alto impacto en la operación y la productividad, su falla ocasiona alto lucro cesante y/o alto riesgo para las personas, las instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa. Limitada disponibilidad en el mercado debido a su alta complejidad técnica y grado de especialización. "E-ESENCIAL": Alto impacto en la operación, pero pueden ser reemplazados sin afectar los niveles de productividad esperada. Representa moderados riesgos para las personas, las instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa. Buena disponibilidad en el mercado debido a su alto nivel de estandarización. "P-ESPECIAL": Son materiales de diseño o utilización especial que forman parte de subprocesos que soportan la operación básica. Su impacto es muy particular en los niveles de productividad esperada o en la operación directa. La reposición se hará con base en los parámetros de nivel y cantidad "S-SOPORTE": Bajo impacto en la operación y la productividad. Su falta ocasiona bajos riesgos para las personas, instalaciones, medio ambiente o imagen de la empresa. Son de alta disponibilidad en el mercado debido a su baja complejidad técnica. "U-USUARIO": Reposición bajo responsabilidad del usuario. No se mantiene inventario en la bodega. Debe estar presupuestado en el PAC y su gestión de compra se realiza con base en solicitudes de materiales debidamente planeadas.	
JUSTIFICACIÓN DE LA CATALOGACIÓN:	
APLICACIÓN O UTILIZACIÓN: (Indicar la Marca, Modelo y Serie del equipo donde se instalará- TAG): SC1301	
CONDICIONES DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO: Almacenar en sitios libres de humedad y polvo.	
INSTRUCCIONES DE SUMINISTRO Y CHEQUEO DE MATERIAL: Norma(s) o certificados de calidad: Prueba(s) de aceptación:	
JUSTIFICACIÓN DE LA CANTIDAD REQUERIDA, OBSERVACIONES GENERALES PARA ALMACÉN E INVENTARIO:	
NO DILIGENCIAR	3 ACCIONES EJECUTADAS POR CATALOGACION Y ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS: CATALOGADOR: Nombre y Apellido Reg. ADMINISTRADOR DE INVENTARIOS: Nombre y Apellido Reg. Fecha: aa / mm / dd

ecopetrol

FORMA PARA ACTUALIZAR CATALOGO E INVENTARIO EN ELLIPSE

F A C I No.

Para el ADMMo Catalogador

1

ORIGINADOR:
Distrito: GCB Dependencia: 10000308 Fecha: aa / mm / dd
07 / 01 / 2015

Nombre y Apellido:
Solicitante Reg. Nombre y Apellido:
Autorizador - Soporte Técnico Catálogo Reg.

2 INFORMACIÓN DE CATÁLOGO E INVENTARIOS:

(A) TIPO DE ACTUALIZACIÓN:

Eliminar Referencia Cruzada

Fusionar Adicionar

* F.C.: Faltan Corro, S2: Sustituido Menor; S3M: Sustituido Mayor; UC: Utilizar Corro, A.E: Agregar Existencias; H.F: Estado Reemplazado.

Una Unidad de Medida:
CT MT KT LB JT QT IN ST PC
EA SF BG FT RO M3 GA CO
BX CN SH DM KG PT SI CRPI
DZ BT ML CF TM YO GR OZ FR CRMN
CRMG

Preferencia de Compra
Cantidad Requerida Para Inicio
Cantidad Requerida para un Mitto Normal
Cantidad Requerida para un Mitto General

VU ROP ROQ MIN
Valor Unitario (\$) Punto de reorden Cantidad a pedir Inventario mínimo

CL Clasificación según impacto operacional * CRITICO SOPORTE K S ESENCIAL USUARIO E U ESPECIAL NO REORDENAR P N

#	TA	Código	Descripción	Drawing	Item	UM	N° parte	Nemonico	PC	Nombre popular	Equipo/Comp./EGI	Código ¹	CRPI	CRMN	CRMG	CL	VU	ROP	ROQ	MIN
1	A	004528444	SPRAY NOZZLE FOR MOTOR PLUG	B-2040016-15280-1	NO ITEM	EA	1H-SS-15280	BRMW	01	Boquilla de pulverización conector del motor	SR2201/SR2251					U		0	0	0
2	A		15° CENTER BEARING ASSEMBLY	D-2040016-221-1	13	EA	BR-P201-3	BRMW		Abrazadera central	SR2201/SR2250					U		0	0	0
3	A		BUSHING 15° CENTER BEARING ASSEMBLY-A-1540-8	B-2040016-1540-8-1	3	EA	PTC-218	BRMW	01	Buje abrazadera central	SR2201/SR2251					K		2	2	2
4	A		LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY-A-1540-11	B-2040016-1540-11-1	9	EA	PTC-214	BRMW	01	Acople abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
5	A		GUIDE STUD 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - A - 1540 - 12	B-2040016-1540-12-1	14	EA	PTC-211	BRMW	01	Tornillo guía abrazadera central	SR2201/SR2251					K		1	1	1
6	A		STUD 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E - 1540 - 10	B-2040016-226-1	8	EA	PTC-216	BRMW	01	Tornillo abrazadera central	SR2201/SR2251					K		3	2	3
7	A		GUIDE LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY E - 1540 - 13	B-2040016-227-1	15	EA	PTC-212	BRMW	01	Acople guía abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
8	A		GUIDE LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E - 1540 - 14	B-2040016-228-1	17	EA	PTC-208	BRMW	01	Acople guía abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
9	A		GUIDE LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY E - 1540 - 15	B-2040016-229-1	18	EA	PTC-207	BRMW	01	Acople guía abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
10	A		TIE LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E - 1540 - 16	B-2040016-230-1	19	EA	PTC-215	BRMW	01	Acople de sujecion	SR2201/SR2251					E		2	1	1
11	A		BEARING STUD LOCK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E - 1540 - 17	B-2040016-231-1	16	EA	B-2040016-231-1	BRMW	01	Perno de bloqueo abrazadera central	SR2201/SR2251					K		1	1	1
12	A		HANGER 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E - 1540 - 6	B-2040016-232-1	25	EA	PTC-206	BRMW	01	Hanger abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
13	A		TIE LINK 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E - 1540 - 7	B-2040016-233-1	1	EA	PTC-219	BRMW	01	Acople de sujecion	SR2201/SR2251					E		1	1	0
14	A		ECCENTRIC STOP & 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E - 1540 - 9	B-2040016-234-1	7	EA	PTC-209	BRMW	01	Tope excéntrico abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
15	A		ECCENTRIC CAM 15° CENTER BEARING ASSEMBLY - E - 1540 - 10	B-2040016-234-2	4	EA	PTC-210	BRMW	01	Leva excéntrica abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
16	A		STIRRER SHAFT VANE - SOLID SHAFT-14.75" O.D	B-2040016-437-1	NO ITEM	EA	B-2040016-437-1	BRMW	01	Paletas del eje del agitador	SR2201/SR2251					E		2	1	1
17	A		STIRRER SHAFT VANE - SOLID SHAFT-11.75" O.D	B-2040016-438-1	NO ITEM	EA	B-2040016-438-1	BRMW	01	Paletas del eje del agitador	SR2201/SR2251					E		2	1	1
18	A		STIRRER ANGULAR BLADE - SOLID SHAFT - ANGULAR BLADE	B-2040016-440-1	NO ITEM	EA	B-2040016-440-1	BRMW	01	Cuchilla angular del agitador	SR2201/SR2251					E		2	1	1
19	A		FINNED BAFFLE CENTER BEARING BAFFLE - SOLID SHAFT	B-2040016-441-1	NO ITEM	EA	B-2040016-441-1	BRMW	01	Balle alestado abrazadera central	SR2201/SR2251					E		1	1	1
20	A		STIRRER SHAFT VANE - SOLID SHAFT - 11.75" O.D	B-2040016-448-1	NO ITEM	EA	B-2040016-448-1	BRMW	01	Paletas del eje del agitador	SR2201/SR2251									